Biblioteca

PRÁCTICA DEL BACHILLER

Física y Química

ÍNDICE

FÍSICA

El hombre y la física 5
De la hipótesis a la observación 7
Experimentos 11
La materia como energía 15
Sistemática de la física 20

QUÍMICA

¿Qué es la química? 25
De la especulación a la ciencia 30
El desarrollo experimental 34
Química inorgánica 40
Química orgánica 46
Bioquímica 50
Química física 55
El químico en su trabajo 61

FÍSICA

El hombre y la física

Para el hombre primitivo, el mundo estaba lleno de potencias maléficas y bienhechoras, de las cuales dependían los fenómenos de la naturaleza. No había ninguna relación entre estos fenómenos, ninguna ley. Todo lo regía el capricho de espíritus desconocidos, y la fuerza y capacidad de trabajo humanas eran inoperantes contra los dioses y las energías de la naturaleza.

El hombre puede hoy aprovechar y regular la energía acumulada en la naturaleza en distintas formas: el carbón, el petróleo, los generadores eléctricos, los reactores nucleares, la energía eólica, la energía solar transformada directamente en eléctrica por células solares y en un futuro, la energía de **fusión nuclear**, hoy sólo disponible en instalaciones experimentales donde el **plasma** se controla por intensos campos magnéticos. La energía necesaria para crear esos campos puede verse reducida por el empleo de bobinas construidas con materiales **superconductores**.

Gracias a la radio y la TV, las nuevas ideas y experiencias llegan en segundos a cualquier rincón del mundo. La industria ve facilitadas la simulación, producción y diseño de sus productos gracias a la informática (CAD-CAM, **robótica**). El **láser** ayuda al cirujano en lo que eran difíciles intervenciones. Los satélites artificiales facilitan las comunicaciones, las predicciones metereológicas y las prospecciones de nuevos recursos petrolíferos y minerales.

El **desarrollo de la física** ha desempeñado un papel vital en este cambio. El físico interpreta las leyes y fuerzas que actúan en nuestro mundo y utiliza sus "leyes" para predecir nuevos fenómenos y comprobar sus hipótesis experimentalmente. Su imagen del mundo cambia constantemente. Sabe que hoy o mañana alguien realizará otro experimento y demostrará que su teoría no era del todo correcta.

Cada secreto arrancado a la naturaleza y cada ley descubierta son la base de otras leyes y de sus aplicaciones; está correlación engendra una mayor facilidad y rapidez para conseguir medios científicos y económicos que, a su vez, proporcionan nuevos y mayores elementos de investigación.

Pero estos conocimientos han conferido también al hombre nuevas responsabilidades. Los estallidos violentos y caprichosos de la naturaleza no constituyen ya la principal amenaza contra sus seguridad. La desola-

ción de una erupción volcánica resulta modesta comparada con la devastación que es posible causar con una sola bomba atómica.

FUERZAS DE LA NATURALEZA

Los hombres primitivos vivían aterrorizados ante las incomprensibles fuerzas de la naturaleza. Para ellos, los fenómenos naturales (tormentas, erupciones volcánicas, terremotos, etc) eran originados por espíritus misteriosos. Para defenderse, el hombre se refugiaba en cuevas y, valiéndose de ritos mágicos, pretendía apaciguar aquellos poderes. Se trataba así de dominar la naturaleza y desentrañar sus misterios, misión que hoy desempeña la física.

FUERZAS DOMINADAS DE LA NATURALEZA

El hombre conoce ahora muchas de las leyes de la naturaleza. El paisaje moderno constituye una prueba de la aplicación de este conocimiento. Pero de ello se deriva una gran responsabilidad. Regulamos acontecimientos enormemente más peligrosos que las tormentas y las erupciones volcánicas. La imagen del técnico en el puesto de mando viendo la explosión de una bomba atómica en su TV es desde hace tiempo una realidad.

De la hipótesis a la observación

En la antigua Grecia, los filósofos de la naturaleza especulaban acerca de la estructura interior de la materia y la constitución del universo. Sin embargo, no se mostraban muy interesados en comprobar sus conclusiones por medio de observaciones y experimentos. Consideraban

que los sentidos engañan al hombre y, por tanto, no son adecuados para proporcionarle información fidedigna sobre tan elevadas y profundas materias. Sólo el pensamiento humano era lo suficientemente refinado como para poder descubrir las leyes divinas que rigen el mundo. **Ptolomeo** fue el primer pensador griego que ofreció una sagaz y completa imagen del universo. Sus hipótesis se aceptaron sin discusión durante más de mil años. Eran sólo un modelo matemático destinado a describir el movimiento de los cuerpos celestes.

GEOMETRÍA DE LOS GRIEGOS

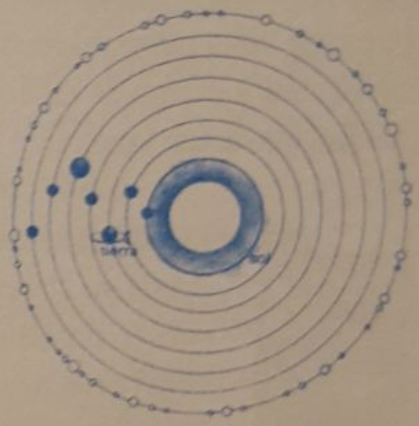
La geometría era una ciencia muy apreciada en la antigua Grecia. La geometría de Euclides se estudia aún en nuestros días. Los griegos descubrieron que sólo son posibles cinco cuerpos que estén limitados por polígonos regulares iguales. Esas figuras, así como la más perfecta, la "esfera", desempeñaron un gran papel en las especulaciones de los pensadores griegos acerca de la constitución de la materia y el universo.

En el siglo XVI, **Copérnico** había presentado ya un modelo más simple. Nunca afirmó que el Sol fuera el centro del mundo. Pero sí que el movimiento de los planetas podía

PLATÓN Y PTOLOMEO

En el mundo ideal de Platón, los cuerpos celestes se movían formando círculos: sólo las figuras geométricas más nobles intervenían en el desarrollo de estos sublimes fenómenos. Se suponía, a la sazón, que los cuerpos celestes estaban pegados sobre esferas de cristal que giraban, y que el mundo ocupaba el punto central. Para desarrollar su modelo, Ptolomeo se valió de las observaciones de los astrólogos persas. Su sistema se componía también de esferas concéntricas de cristal.

El mundo según Ptolomeo



El mundo según Copérnico

COPÉRNICO

Copérnico dio una solución más sencilla que la de Ptolomeo del movimiento de los planetas. Con el Sol en el centro, el sistema quedó notablemente simplificado. Ya no se necesitaban esferas, ruedas dentadas ni mecanismos.

explicarse más sencillamente si se suponía que el Sol, y no la Tierra, ocupaba el centro del universo. Sin embargo, la enorme simplificación que suponía esta hipótesis introdujo la semilla de la duda en otros investigadores. ¿Y si fuera cierto que la Tierra no era el centro del Universo?

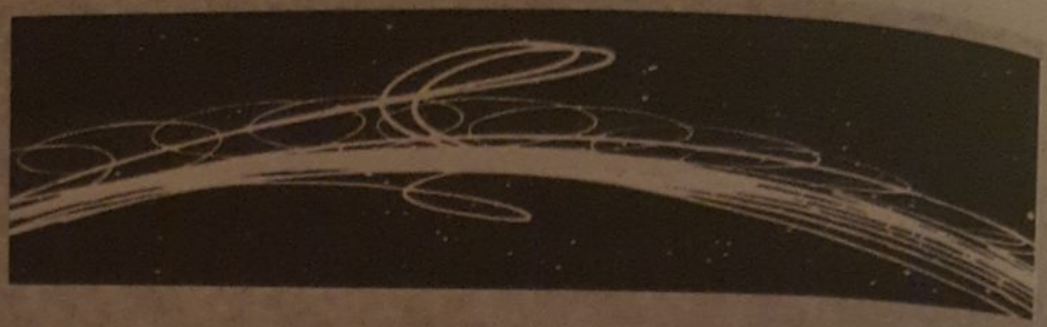
La "revolución de Copérnico" abrió el camino a una nueva era. Las observaciones del movimiento de los planetas realizadas por **Tycho Brahe** demostraban que el sistema de Copérnico no podía ser totalmente cierto. Tras penosos trabajos sobre los datos aportados por Brahe, **Juan Kepler**, logró demostrar que los planetas describen órbitas elípticas. Descubrió también cierta relación entre la magnitud de la órbita de los planetas, su velocidad y la duración de sus traslaciones. Las leyes de Kepler condujeron más tarde a **Newton** a su famosa teoría de la gravitación universal.

Se sucedieron nuevos descubrimientos astronómicos. La verdad real no se centraba ya en el mundo incomprensible de los dioses. Consistía en el mundo que el hombre podía ver. Las observaciones eran la clave del conocimiento.

Experimentos

Los escolásticos de la Edad Media, portavoces de la doctrina de la iglesia, sostenía que el conocimiento sólo podía conseguirse a través de las "verdades reveladas". Toda búsqueda el hombre por sí mismo era pura presunción. El hombre extraía principalmente el conocimiento de la Biblia y de las enseñanzas de la Iglesia.

Galileo se negó a aceptar tales ideas. Para él, sus experiencias y observaciones constituían el medio más im-



EL PROBLEMA

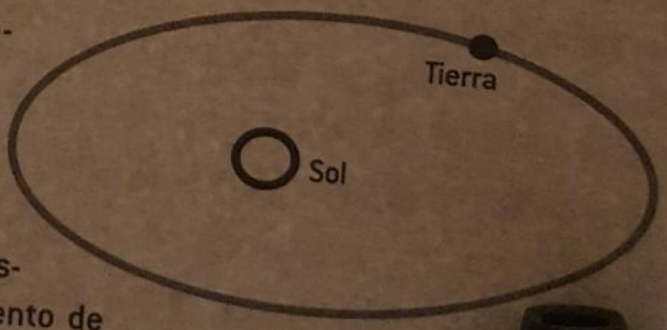
Una imagen de órbitas planetarias vista desde la tierra muestra la dificultad de la tarea de Ptolomeo. Se necesita realmente todo un complicado sistema de esferas giratorias para seguir esas órbitas, con sus extraños "lazos".

TYCHO BRAHE

Desde su observatorio en la isla de Ven, Tycho Brahe realizó profundos estudios del cielo estrellado. Sus observaciones superaron en exactitud y amplitud a todas las anteriores.

SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Gracias a las observaciones de Tycho Brahe, Juan Kepler pudo comprobar que los planetas se mueven describiendo órbitas elípticas y que el Sol ocupa uno de los puntos focales de la elipse. Pudo llegar a esta conclusión sólo después de muchos años de pacientes y árduos esfuerzos. Se había logrado la descripción del movimiento de los planetas, a pesar de lo cual, Kepler escribió en su di pero qué tonto he sido!"



EXPERIMENTOS DE GALILEO

Aristóteles afirmaba que un cuerpo pesado cae más de prisa que uno ligero. Transcurrieron cerca de 2.000 años antes de que alguien se decidiera a comprobar esta hipótesis. El primero en hacerlo fue Galileo, quien, desde la torre inclinada de Pisa, dejó caer dos bolas, una que pesaba 50 Kg, y otra sólo 1/4 de kilo. Las dos bolas tardaron en llegar al suelo, aproximadamente el mismo tiempo. Aristóteles se había equivocado.

EL ANTEOJO

Galileo oyó decir que un pulidor de cristal, en Flandes, había inventado un "cristal para espiar", con el que se podía ver a larga distancia. Durante algún tiempo aprendió su funcionamiento y luego construyó un anteojo más potente.

EL PLANO INCLINADO

Galileo siguió experimentando en la caída de los cuerpos. Para disminuir la velocidad de caída, de modo que pudiera seguir más fácilmente el movimiento, hizo rodar sus bolas a lo largo de planos y surcos ligeramente inclinados.

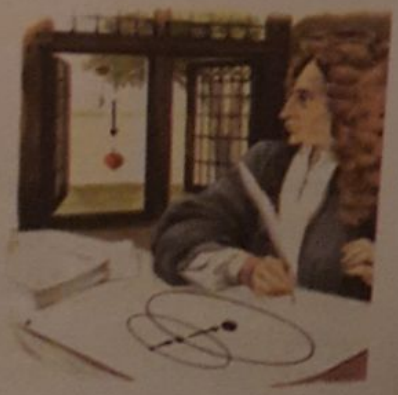
RETRACTACIÓN

Las ideas de Galileo divergían de la doctrina de la Iglesia. Fue obligado a arrodillarse en la iglesia de Santa María y a "abjurar, aborrecer y condenar" sus falsas enseñanzas. No había llegado el tiempo de la libertad científica.

portante para alcanzar la comprensión de lo que nos rodea. Su demostración del movimiento en caída libre, en la torre inclinada de Pisa, causó gran sensación. Más notable fue el resultado que obtuvo al dirigir hacia el cielo el telescopio que él mismo había construido. Miríadas de estrellas, jamás vistas hasta entonces por el hombre, aparecieron ante sus asombrados ojos. Aun cuando obligado a retractarse de sus "falsas" enseñanzas, había logrado abrir un nuevo camino. La física se había convertido en ciencia experimental. **Galileo** formuló muchas de las leyes que rigen el movimiento de los cuerpos. **Isaac Newton** –en una extraordinaria síntesis de mecánica y astronomía– demostró que son idénticas las fuerzas que actúan en el movimiento orbital de los planetas y en la caída de una piedra hasta el suelo.

LA MANZANA DE NEWTON

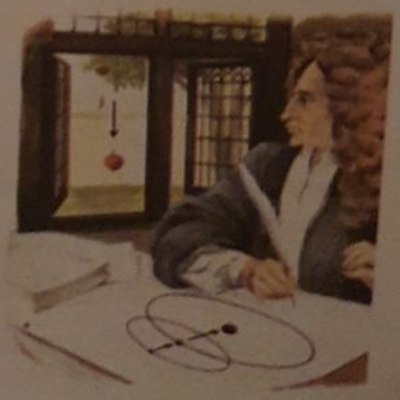
Isaac Newton intuyó que podían relacionarse las fuerzas que rigen las órbitas de los planetas alrededor del Sol, y las que gobiernan la caída de los objetos al suelo. Combinó los descubrimientos de Galileo acerca de la caída de los cuerpos, con las leyes de Kepler sobre el movimiento de los planetas. Es posible que se le ocurriera eso al ver caer una manzana.



portante para alcanzar la comprensión de lo que nos rodea. Su demostración del movimiento en caída libre, en la torre inclinada de Pisa, causó gran sensación. Más notable fue el resultado que obtuvo al dirigir hacia el cielo el telescopio que él mismo había construido. Miríadas de estrellas, jamás vistas hasta entonces por el hombre, aparecieron ante sus asombrados ojos. Aun cuando obligado a retractarse de sus "falsas" enseñanzas, había logrado abrir un nuevo camino. La física se había convertido en ciencia experimental. **Galileo** formuló muchas de las leyes que rigen el movimiento de los cuerpos. **Isaac Newton** –en una extraordinaria síntesis de mecánica y astronomía– demostró que son idénticas las fuerzas que actúan en el movimiento orbital de los planetas y en la caída de una piedra hasta el suelo.

LA MANZANA DE NEWTON

Isaac Newton intuyó que podían relacionarse las fuerzas que rigen las órbitas de los planetas alrededor del Sol, y las que gobiernan la caída de los objetos al suelo. Combinó los descubrimientos de Galileo acerca de la caída de los cuerpos, con las leyes de Kepler sobre el movimiento de los planetas. Es posible que se le ocurriera eso al ver caer una manzana.

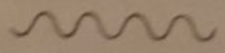


La mejor demostración de que las teorías científicas de Galileo eran fructíferas es el fantástico desarrollo alcanzado por todas las ciencias experimentales. Galileo no buscó las causas de los fenómenos de la naturaleza, sino que se concentró en la tarea de describirlos. Quizás en su interior

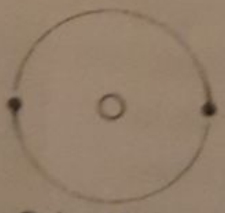
LOS AVANCES DE LA FÍSICA

Galileo dijo: "Hagamos observaciones y experimentos". Con ello se inició la marcha ascendente de la física, marcha que ha seguido a un ritmo uniformemente acelerado. Los más trascendentes descubrimientos se van sucediendo y multiplicando a medida que nos acercamos a nuestro tiempo. Detrás de cada pieza del rompecabezas hay un cúmulo de meditaciones y experimentos de muchas personas Los que tienen éxito y colocan una pieza en su sitio logran unir sus nombres a los de los respectivos descubrimientos, y los que fracasan son olvidados. El gran Newton lo sabía bien cuando dijo: "Si he conseguido ver más lejos que Descartes, es porque yo estaba encaramado a hombros de gigantes".

Örsted, electromagnetismo



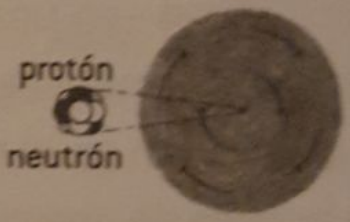
Schödinger, 1920, mecánica ondulatoria



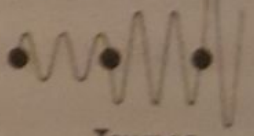
Bohr, 1913, Modelo atómico

$E=mc^2$

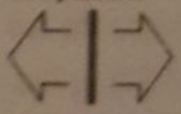
Einstein, 1905, Teoría de la relatividad



Chadwick, 1932 Neutrón



Townes, 1960, Láser



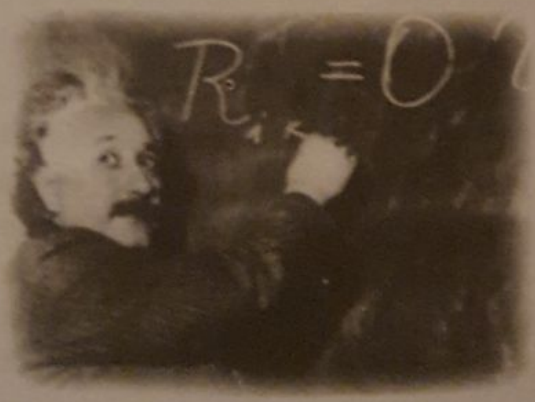
Lee-Yang, 1956, Leyes de la paridad

Ferril, 1945, Reactor atómico

creía que de esta forma podría alcanzar la verdad absoluta. El físico moderno no busca sólo las descripciones más exactas de los distintos fenómenos sino que también se pregunta por la causa de tales fenómenos.

Los grandes descubrimientos han implicado a menudo una revisión radical de las teorías anteriores. La mecánica de Newton era un dogma para los físicos del s. XIX, pero Einstein demostró, en su teoría de la relatividad, que era sólo una buena aproximación para las velocidades muy pequeñas (comparadas con la de la luz). En 1955, ningún físico creía que las partículas atómicas pudieran distinguir entre derecha e izquierda. En 1956, dos jóvenes chinos, Lee y Yang, demostraron al mundo lo contrario.

La materia como energía



Un contable que, a principios de 1900, trabajaba en la Oficina de Patentes de Berna, revolucionó totalmente nuestra idea del mundo. Era **Albert Einstein**, quizás el mayor físico de nuestro tiempo.Las **teorías de la relatividad** de Einstein, y de los **efectos fotoeléctricos**, han tenido consecuencias transcendentales.

Según la **teoría de la relatividad**, la **masa** y la **energía son equivalentes** y la conversión de una en otra viene dada por la famosa ecuación **$E= mc^2$** (c es la velocidad de la luz). Ésta nos da, por ejemplo la energía liberada al descomponer el átomo artificialmente y la que se des-

ALBERT EINSTEIN

Einstein es la figura señera de la física moderna. Sus ideas sobre la radiación, presentadas a principios del s. XX acabaron con las teorías anteriores. Sus estudios tuvieron poco éxito al principio. Al dejar cada día sus revolucionarios trabajos, tenía que desempeñar un empleo subordinado en la Oficina de Patentes de Berna. Estas experiencias le ayudaron quizás a liberar su genio de la fe ciega en una autoridad despótica.

TEORÍA DE LA RELATIVIDAD

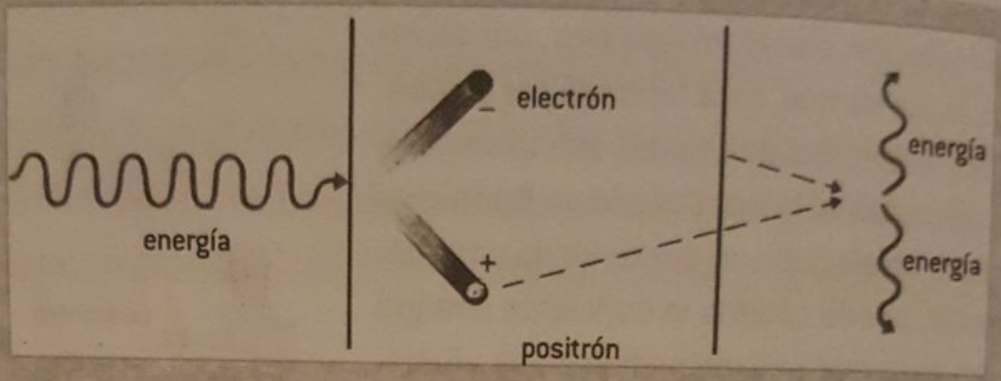
El conductor de una locomotora que ve acercarse otro tren nota que se le aproxima a mayor velocidad que los postes, que permanecen inmóviles. Según la teoría de la relatividad, esto es debido sólo a que las velocidades de los trenes son ínfimas en comparación con la velocidad de la luz. Si los dos trenes pudieran moverse a una velocidad cercana a la luz, ambos conductores notarían que el otro tren y los postes se acercaban a igual velocidad. Hay otras muchas consecuencias de la teoría de la relatividad que chocan con el "sentido común". Los físicos en caso de ser preguntados, sólo pueden responder "Hemos comprobado que, en realidad, esto ocurre cuando dos objetos se mueven a una velocidad cercana a la de la luz." Aquí no es aplicable el sentido común.

EFECTO FOTOELÉCTRICO

La radiación electromagnética, por ejemplo, la luz normal, está formada por un conjunto de partículas fotones, que avanzan a la velocidad de la luz. Cuando un fotón choca con un electrón en el interior de una sustancia, puede cederle la suficiente energía com para que sea despedido hacia afuera. Este efecto de los fotones se aprovecha en los fotómetros para medir la intensidad de la luz.

prende en las explosiones estelares. También se produce una ingente transformación de materia en energía cuando a distancias cósmicas, chocan entre sí unos sistemas solares compuestos de distintos tipos de materia. El estallido nos llega como un potente rumor cósmico, registrado en los modernos radiotelescopios.

En su **teoría de los fotoefectos** (1905), Einstein supone que **la energía de una partícula de radiación**, un fotón, **depende de la frecuencia de la radiación** (y no de la intensidad): **Energía = hv**, donde **v** (nu) es la **frecuencia de la radiación**, y **h**, la **constante de Planck**. El carácter corpuscular del fotón quedó **demostrado** con dos experimentos básicos: el **efecto fotoeléctrico** (1905) y el **efecto Compton** (1923). Debemos hablar de dualidad onda-partícula para la comprensión de la radiación electromagnética.



DE LA ENERGÍA ... A LA MATERÍA ... A LA ENERGÍA

La línea ondulada simboliza un fotón, el tipo de partícula que transporta energía en la radiación electromagnética. El fotón no puede estar jamás en reposo; cuando existe, se mueve siempre a la velocidad de la luz, no tiene ninguna carga eléctrica, pero, sin embargo, lleva consigo energía.

Si la frecuencia es lo suficientemente elevada, la energía del fotón puede crear materia. Los fotones de la radiación gamma pueden originar una par electrón-positrón, dos partículas de materia. El positrón es una partícula de antimateria que, normalmente, no existe en el universo conocido.

Al encontrarse un positrón, y un electrón, se aniquilan mútuamente y, en su lugar, surgen dos nuevos fotones. Esta aniquilación de materia y antimateria se produce tal vez en el universo. Sistemas solares de materia y antimateria chocan quizás, se aniquilan y transforman en ingentes cantidades de energía.

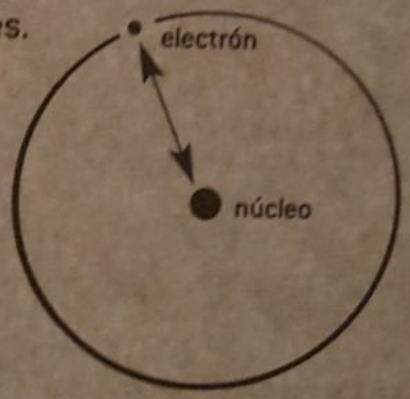
Las aplicaciones de la teoría de la relatividad han sido casi inmediatas. Apenas han transcurrido 50 años entre su publicación, su comprobación experimental y su aprovechamiento técnico.

Para los físicos del siglo XIX, la materia estaba formada por partículas cuyo movimiento podía calcularse y pre-

decirse según la mecánica de Newton (la Mecánica Clásica). Con la **Mecánica cuántica** hemos aprendido que no podemos determinar la trayectoria de una partícula. Debemos abandonar el modelo clásico determinista por el modelo cuántico "probabilístico".

MODELO ATÓMICO DE BOHR

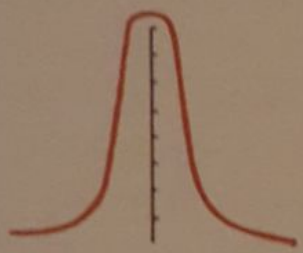
En el modelo atómico de Bohr se encuentra casi toda la masa del átomo, junto con la carga positiva, en un pequeño núcleo. Alrededor de él giran los electrones, cargados negativamente, en órbitas circulares. Se ha tomado como modelo de la estructura del átomo la disposición de un sistema planetario. Las fuerzas de la gravitación entre el Sol y los planetas han sido sustituidas en el átomo por las fuerzas eléctricas.



El modelo atómico propuesto por el danés Niels Bohr (1913) ha sido mejorado a lo largo del tiempo. Los electrones no son partículas esféricas orbitando alrededor del núcleo, sino funciones de onda; debemos ahora hablar de la **probabilidad** y no de la certeza de que un electrón se halle en un estado determinado. El principio de incertidumbre de Heisenberg nos dice que no podemos conocer a la vez la posición y la velocidad de una partícula.

MODELO ATÓMICO DE SCHRÖDINGER

$$\left[\nabla^2 + \frac{2m}{\hbar^2}(W-V)\Psi = 0\right]$$



La figura de la izquierda es un modelo más avanzado de un átomo de hidrógeno. El electrón no se mueve ya alrededor del núcleo en una órbita circular. Se encuentra en alguna parte del globo cortado –no se sabe exactamente dónde–. Cuánto más oscura sea la superficie, tanto mayor será la posibilidad de que el electrón se halle en esa zona.

La solución de la ecuación de Schrödinger, que se reproduce a la izquierda, es la que da la distribución de probabilidades. El diagrama es un método gráfico para representar lo mismo que en el globo coloreado: la probabilidad de encontrar un electrón en un átomo de hidrógeno. Por medio de la ecuación de Schrödinger se puede determinar, casi con toda exactitud, la energía del electrón, pero al mismo tiempo se pierde la posibilidad de saber donde se encuentra.

Sistemática de la física

Hoy en día los físicos creen que existe en la naturaleza cuatro tipos de interacción: la **fuerte**, la **débil**, la **electromagnética** y la **gravitatoria**.

Las **interacciones fuertes** mantienen unidos los núcleos de los átomos y son responsables de la energía generada en los procesos de **fusión** y **fisión**. Las **débiles** se manifiestan en ciertas desintegraciones radiactivas y están íntimamente ligadas a la formación o destrucción de neutrinos, partículas que se mueven a la velocidad de la luz y transportan energía pero no tienen carga ni

disposición interior de los átomos en el cobre

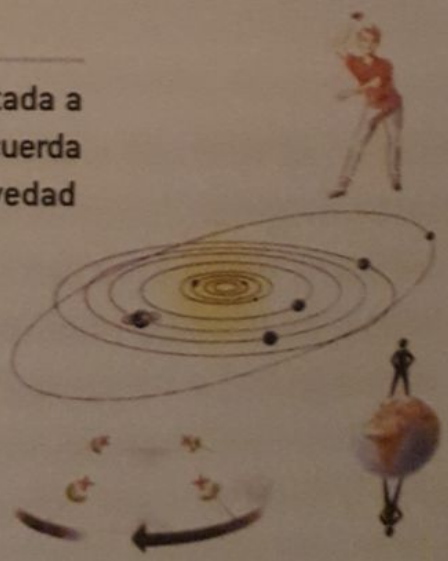
Estructura simple del átomo

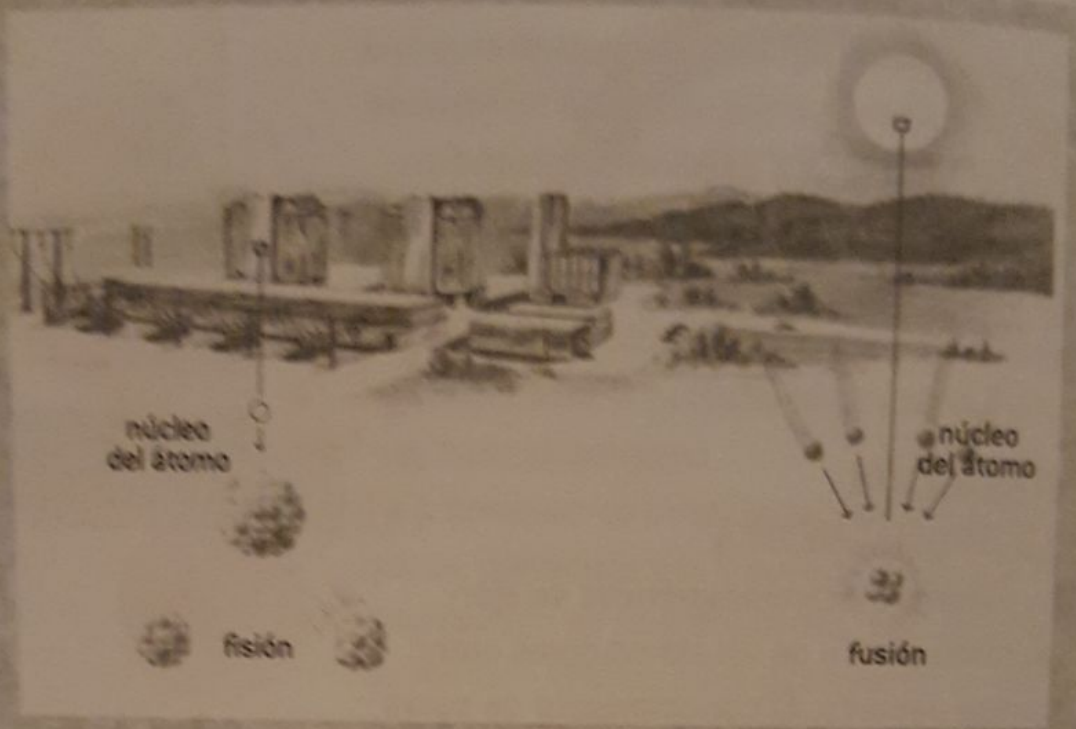
INTERACCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Las fuerzas electromagnéticas se ejercen tanto dentro de un átomo como entre átomos vecinos. El conocimiento de estas fuerzas ha permitido construir centrales de energía eléctrica y motores eléctricos. Muchos fenómenos cotidianos pueden describirse como una interacción electromagnética. Las ondas de TV y la luz solar, los colores del arco iris y la indicación de la aguja de la brújula pueden ser algunos ejemplos de ello.

INTERACCIÓN GRAVITACIONAL

Un muchacho hace girar una bola atada a una cuerda. Del mismo modo que la cuerda sujeta a la bola, la fuerza de la gravedad retiene a los planetas en su órbita alrededor del Sol. El sentido de la fuerza de la atracción de la Tierra decide el "arriba" o el "abajo" de los hombres. Las flores plantadas en un disco giratorio no crecen derechas sino que se inclinan hacia adentro.





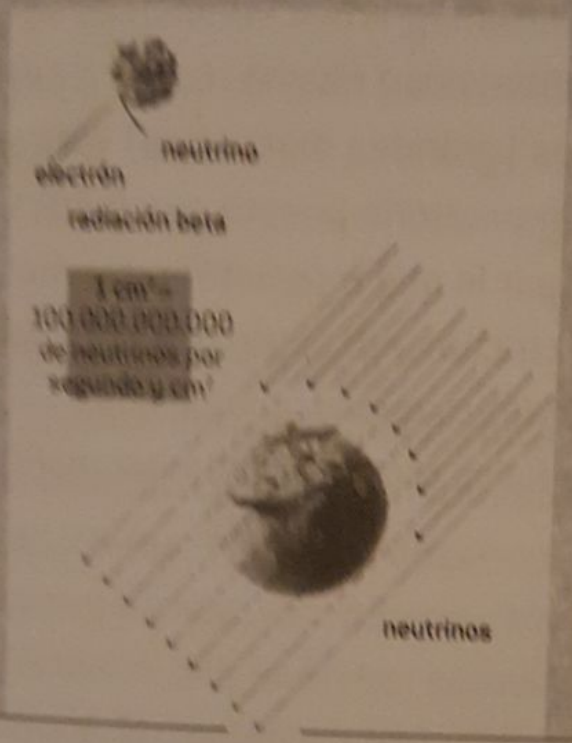
INTERACCIÓN FUERTE

Las interacciones fuertes, que actúan en los núcleos de los átomos, se llaman fuerzas nucleares. Cuando se escinden los núcleos atómicos (fisión) o se funden entre sí (fusión), estas fuerzas pueden desprender energía y aprovecharse. La energía del Sol se origina siguiendo un proceso de fusión. En los reactores nucleares se obtiene energía de fisión.

masa. Las **fuerzas electromagnéticas** y las **gravitacionales** originan fenómenos más corrientes. La energía del Sol se genera por la fusión del hidrógeno para formar helio y llega hasta nosotros en forma de **radiación electromagnética**. Podemos comprender la luz porque se produce una interacción entre las células visuales del ojo, y notar su calor porque existe una interacción electromagnética en las células táctiles de nuestra piel. Los

INTERACCIÓN DÉBIL

Cierto tipo de lluvia radiactiva, la lluvia beta, se produce por una interacción débil. Al mismo tiempo, se toman neutrinos, partículas sin masa propia ni carga. La mayor parte de la radiación que llega del espacio es detenida por la atmósfera de la Tierra, pero los neutrinos penetran a través de ella sin detenerse. Cada segundo inciden en nuestro cuerpo, sin dañarnos, centenares de miles de millones por cm².



electrones del átomo están ligados al núcleo por esa misma fuerza, gracias a la cual los átomos se unen para formar materia. Todos los cuerpos son atraídos por la **fuerza de gravedad**. La propia Tierra es mantenida en su órbita alrededor del Sol por las fuerzas gravitacionales. Las características más importantes de las distintas fuerzas son su alcance y su intensidad. La fuerza fuerte es de alcance muy pequeño pero tienen una gran intensidad. Es la responsable de la cohesión de los núcleos atómicos (es, por lo tanto, la que rige el microcosmos).

La **interacción débil** tiene también un radio de acción pequeño pero es de baja intensidad. La fuerza gravitatoria tiene un radio de acción infinito y su intensidad es muy baja. La fuerza electromagnética también es de alcance infinito pero de intensidad mucho mayor. A pesar de ello, el macrocosmos (grandes distancias) está gobernado por la fuerza gravitatoria puesto que todos los cuerpos tienen masa (por lo que interactúan gravitatoriamente) pero son eléctricamente neutros y, por lo tanto, la fuerza electromagnética queda apantallada.

El objetivo actual de la física teórica es intentar unificar estas cuatro fuerzas.

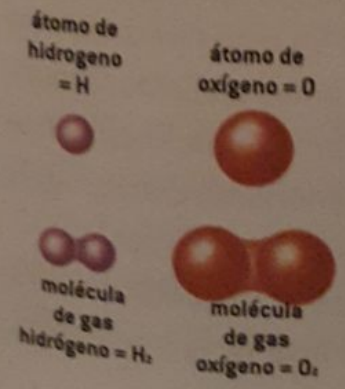
QUÍMICA

¿Qué es la química?

En la naturaleza estamos rodeados por una gran cantidad de cuerpos constituidos por las más diversas estructuras. Podemos observar ríos y montañas, animales y plantas, etc. Además, existen medios auxiliares adecuados que permiten estudiar células, moléculas y átomos. El científico intenta describir, con la mayor clari-

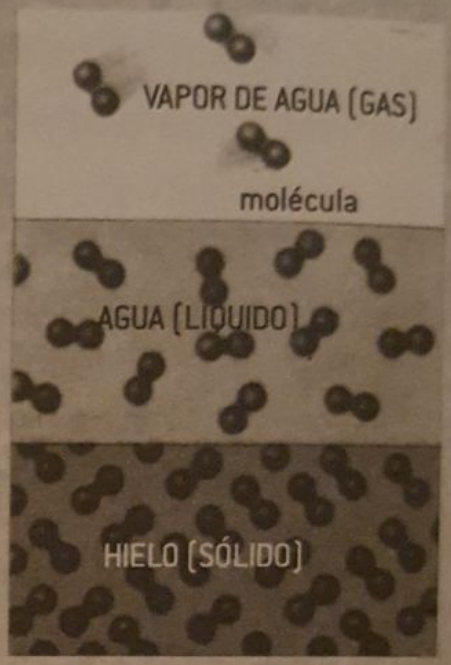
ELEMENTOS SIMPLES

La materia está constituida por átomos. Los que diferencia a las distintas sustancias es el tipo de átomos de que están integradas y la manera como éstos se hallan unidos entre sí. Una sustancia constituida por átomos del mismo tipo se llama elemento simple. Existen unos 100 elementos simples. Uno de ellos es el hidrógeno, compuesto por átomos de hidrógeno (H); estos átomos se hallan unidos de dos en dos, formando moléculas de hidrógeno (H_2). La molécula es la unidad más pequeña que puede existir de cualquier sustancia.



UNA MISMA SUSTANCIA EN DIFERENTES ESTADOS

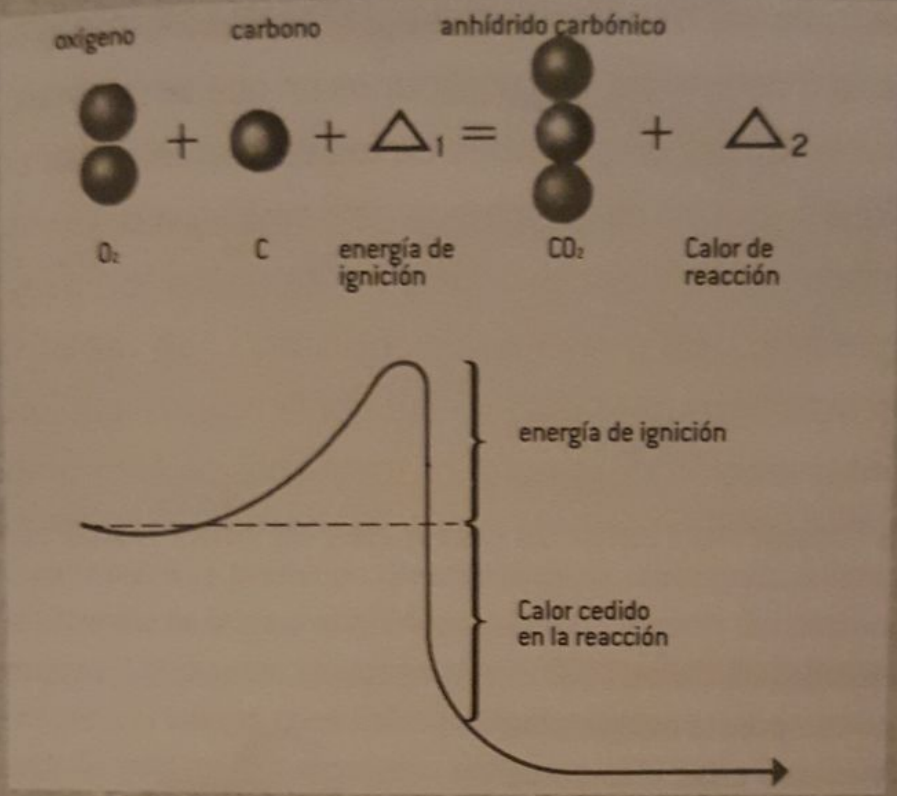
La mayoría de los elementos químicos pueden presentarse en estado sólido, líquido y gaseoso. Independientemente de su estado siempre existen unas fuerzas que actúan entre las moléculas. Estas fuerzas son mayores en el estado sólido. Los diferentes estados dependen, principalmente de la presión y temperatura.



dad posible, todas estas estructuras. El **químico** pretende estudiar las diferentes sustancias que existen en la naturaleza, para poder encontrar una relación entre las propiedades de la materia y su constitución. Sus investigaciones se centran en el átomo y en las moléculas.

No se sabe con exactitud el origen de la palabra química. Puede proceder del vocablo ***khemeia***, nombre que los griegos daban antiguamente a Egipto. En esta civilización se habían desarrollado muchos años antes de Cristo, conocimientos empíricos de química. En árabem khemeia se transformaría en ***alkimya***. Esta denominación, recogida por los europeos daría en castellano alquimia y química.

Otra opinión extendida es que la palabra **química** deriva del griego **khumos**, que significa arte de la metalurgia,



REACCIÓN QUÍMICA

Toda reacción química puede representarse mediante una ecuación. En el incendio de un bosque, el carbono (C) y el oxígeno (O) se combinan formando anhídrido carbónico. La ecuación expresa en qué proporciones reaccionan: una molécula de oxígeno (dos átomos) y un átomo de carbono forman una molécula de anhídrido carbónico. En las reacciones químicas hay absorción o desprendimiento de energía, que puede representarse por una curva.

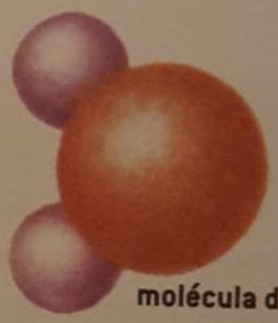
pues fue en la Grecia Clásica, donde aparecieron las primeras nociones referentes a la teoría química.

En la actualidad, se denomina química a la ciencia que estudia la **composición**, **estructura** y **propiedades** de las diferentes sustancias que constituyen la materia. La químí-

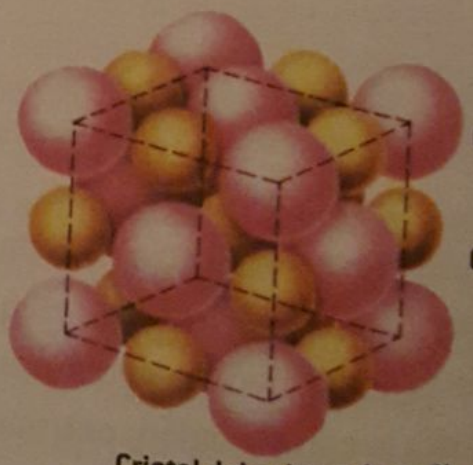
ca estudia las transformaciones, **reacciones**, de las sustancias y determina las condiciones en que se originan. Conociendo las propiedades de los elementos y las condiciones requeridas para que se combinen entre sí, el químico puede descubrir otros materiales con nuevas propiedades. En nuestra vida cotidiana cada vez utilizamos más productos elaborados por la industria química. La intervención de la química es visible en todo cuando nos rodea. No vestimos con trajes de finas fibras texti-

COMPUESTOS QUÍMICOS

En un compuesto químico, los átomos de varios elementos simples están unidos entre sí de una manera determinada para cada compuesto. Una molécula de agua –la menor cantidad de agua que puede existir– se compone de dos átomos de hidrógenos y uno de oxígeno. Un compuesto químico posee siempre la misma composición. El cristal de sal común es un compuesto de los elementos simples cloro y sodio. El número de posibles compuestos químicos, a partir de los elementos existentes, es ilimitado.

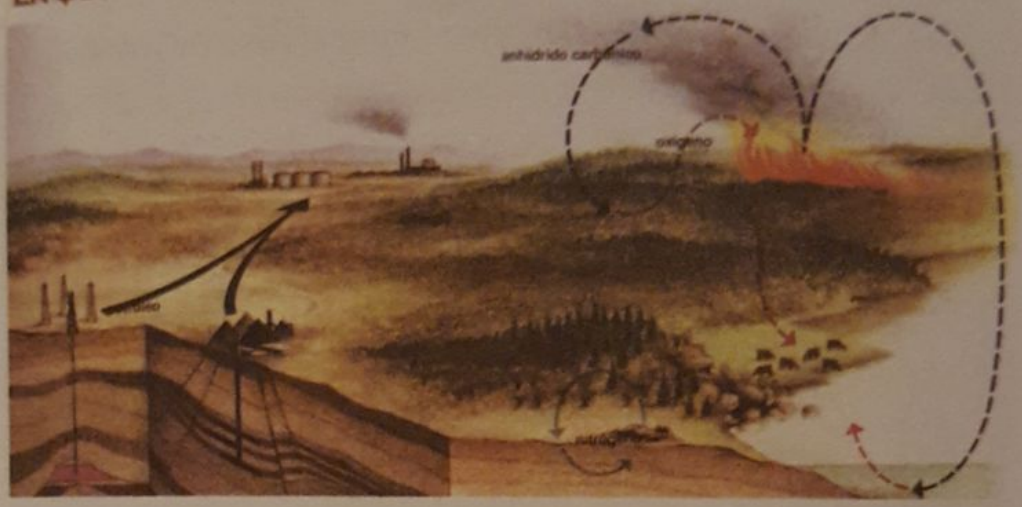


molécula de agua H_2O



Cristal del sal común NaCl

LA QUÍMICA EN LA NATURALEZA Y EN LA INDUSTRIA



En la naturaleza se producen constantemente reacciones químicas. En un incendio se origina anhídrido carbónico, a partir del carbono y del oxígeno. Las plantas absorben el anhídrido carbónico y desprenden oxígeno, el cual es consumido posteriormente por los animales o el fuego. De esta manera el oxígeno realiza su ciclo completo. El nitrógeno posee un ciclo similar (p. ej. en la putrefacción). Estudiando las reacciones químicas en la naturaleza, el hombre ha aprendido a aprovechar la energía y a crear nuevas sustancias.

les sintéticas (nylon, tergal, etc.), nos lavamos con jabón, echamos gasolina en el depósito del automóvil. Utilizamos los materiales plásticos, el papel, los detergentes, las pinturas; podríamos citar una larga lista de productos que se han convertido en artículos de consumo asequibles gracias al desarrollo y avance de la química. La investigación de sustancias alimenticias y productos farmacéuticos con otros sectores donde la intervención de la química ha supuesto una importante contribución.

METALES

El inicio histórico de la química está íntimamente relacionado con los metales. El oro se obtenía ya 3000 años a. de C., por lavador o levigación de las arenas auríferas. Mediante el fuego, el hombre consiguió fundir minerales y obtener metales. El bronce se obtuvo 2000 años antes de Cristo, y el hierro, unos 500 años después, significando una revolución en la fabricación de las armas.

De la especulación a la ciencia

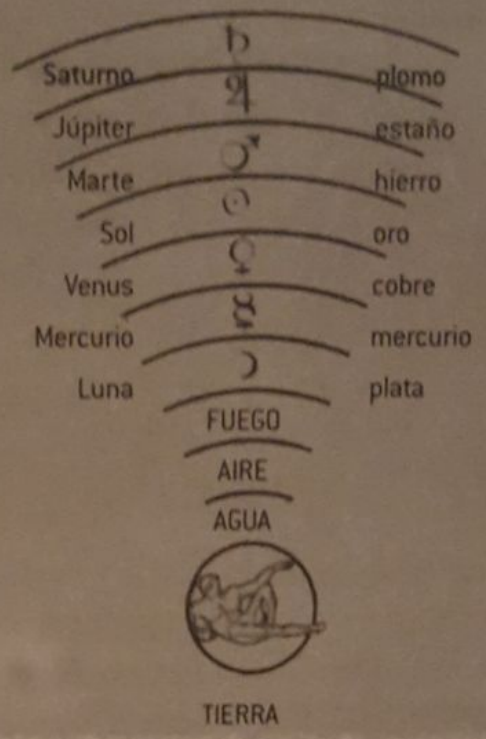
Mucho antes de que la química constituyese una ciencia, el hombre sabía ya aprovechar el fuego para calentar y cocinar, lo que era un conocimiento químico de tipo práctico. En Egipto y Mesopotamia, se preparaban colorantes, perfumes y sustancias para embalsamar a los muertos.

LOS GRIEGOS

Los griegos aceptaban la teoría de Empédocles, según la cual toda la materia estaba constituida por cuatro elementos, que representaban por poliedros regulares. Aristóteles añadió otro elemento, el éter.

MISTICISMO

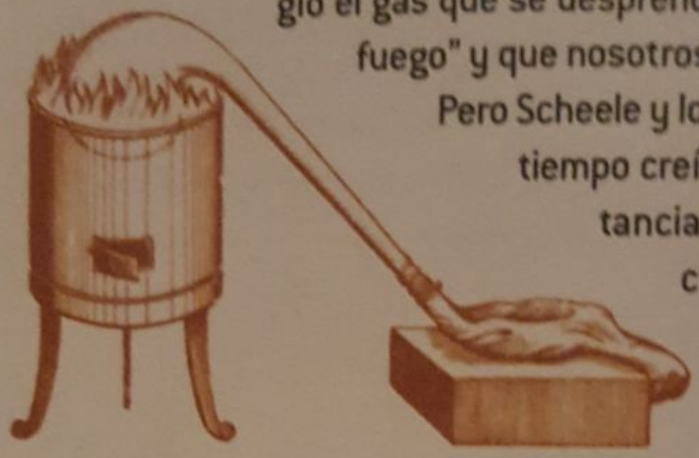
En la representación del universo propia del misticismo oriental, los planetas tenían símbolos de metales. En Alejandría este misticismo se combinó con las teorías griegas y la tecnología egipcia, surgiendo la alquimia.



Se sabe que cientos de años a. de C. se realizaron en Grecia, especulaciones sobre la materia como tal; concretamente a cargo de filósofos como Demócrito y Aristóteles. Este último desarrolló la teoría de los **cuatro elementos**, fuego, tierra, agua y aire, expuesta anteriormente por Empédocles. Según ella, toda la materia existente está constituida por estos cuatro elementos que, al unirse, originan las diferentes sustancias. Algunos hechos que podían observarse con facilidad apoyaban esta teoría: el fuego se unía con el barro blando, originando ladrillo duro; el fuego y el agua se convertían en algo que se asemejaba al aire, etc.

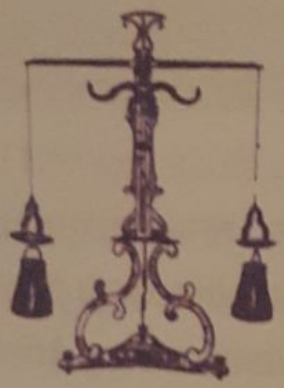
Esta teoría griega se incorporó más tarde, especialmen-

FLOGISTO



Scheele calentó óxido de mercurio en una retorta y recogió el gas que se desprendía, al que llamó "aire de fuego" y que nosotros denominamos oxígeno. Pero Scheele y los demás químicos de su tiempo creían que cuando una sustancia ardía se desprendía un constituyente al que se llamó flogisto.

LAVOISIER



El francés Lavoisier (a la derecha, en su laboratorio) introdujo como aparato auxiliar la balanza. Descubrió que en una reacción química el peso total de las sustancias componentes no aumentaba ni disminuía. Demostró, además que una sustancia, al arder, consumía oxígeno. La teoría del flogisto fue completamente abandonada.

te en Alejandría, a los conocimiento químicos de tipo práctico que se poseían en Egipto. En todo tiempo, los metales han ocupado un lugar dominante en la vida del hombre. Por tanto, es natural que se intentase transformar los metales más abundantes en otros más nobles y más fáciles de trabajar, como el oro, transformación que, según la teoría anteriormente expuesta, era posible realizar. Esta orientación de la química recibió el nombre

ALQUIMIA

Influidos por las teorías de los griegos y el misticismo religioso, los alquimistas buscaban la "piedra filosofal" sustancia que les ayudaría a convertir metales no nobles en oro. Fracasaron en su intento pero mejoraron la técnica de la destilación y descubrieron muchas sustancias nuevas. Luego, la alquimia degeneró hasta convertirse en un fraude.

COMBUSTIÓN

En el s. XVII se comenzó a estudiar la combustión. Por consumirse parcialmente en el aire, tanto al arder una vela como al respirar un animal, se dedujo que se componía al menos de dos elementos.

de alquimia. Bajo la influencia del misticismo oriental, los alquimistas creyeron que estas transmutaciones o transformaciones de los elementos, podrían facilitarse por medio de una sustancia a la que llamaron **piedra filosofal**. Los alquimistas la buscaron en vano, pero hallaron otras muchas sustancias, algunas de ellas mucho

más importantes que el mismo oro, como ciertos ácidos y álcalis.

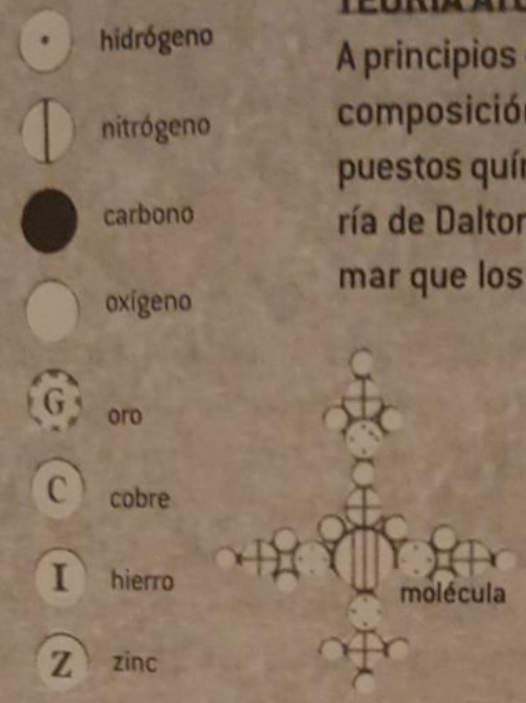
El progreso en el terreno experimental, el perfeccionamiento de la balanza y el desarrollo de una técnica para recoger los gases procedentes de algunos compuestos del mercurio dieron una orientación científica a la química, durante el siglo XVII. Los experimentos de Boyle Scheele, Priestley, Lavoisier, etc., echaron por tierra las teorías de Aristóteles de los alquimistas. Pero la teoría del proceso de la combustión (teoría del flogisto) que entonces se investigaba ansiosamente, no era ni mucho menos moderna. Según ella las sustancias combustibles contenían flogisto (llama), el cual se desprendía en la combustión. Lavoisier demostró, por el contrario, que las sustancias al arder, se combinan con el oxígeno, se *oxidan*. Esta observación, así como el descubrimiento de una serie de nuevos elementos, motivó que a fines del siglo XVIII se abandonase por completo el estudio de la alquimia.

El desarrollo experimental

La teoría del átomo, formulada por el griego Demócrito, cayó en el olvido por hallarse en contraposición con la teoría de Aristóteles. Fue actualizada a principios del siglo XIX, por el químico **John Dalton**, según el cual los componentes más pequeños de cada elemento, los

TEORÍA ATÓMICA DE DALTON, 1808

A principios del s. XIX se comprobó que la composición gravimétrica de los compuestos químicos era constante. La teoría de Dalton explicó este hecho, al afirmar que los elementos estaban formados por átomos iguales que se unían entre sí, según reglas determinadas. Dalton representó los átomos por circunferencias con diferentes símbolos en su interior.

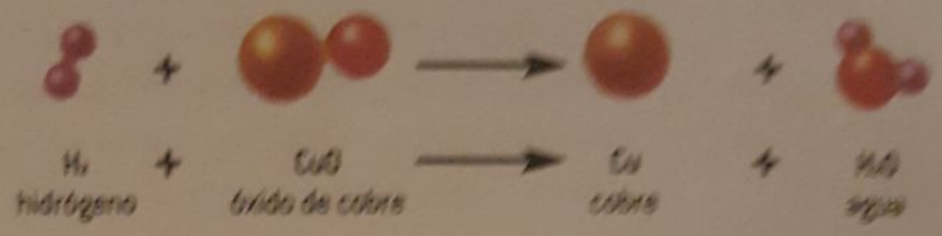


átomos podían representarse por esferas con **tamaño y peso determinados**. Uniendo dichas esferas, era posible representar, a su vez, las moléculas.

Determinando cuidadosamente la relación entre los pesos de los componentes de gran número de minerales, , se calcularon los pesos atómicos de los átomos que integraban cada mineral.

El italiano **Avogrado** estableció una **clara distinción entre los conceptos de átomo y molécula**. También se comenzó a investigar cómo estaban unidos los átomos en una molécula. **Faraday** había demostrado que algunos elementos en solución se comportaban como partículas cargadas eléctricamente, iones. Por lo tanto, se conside-

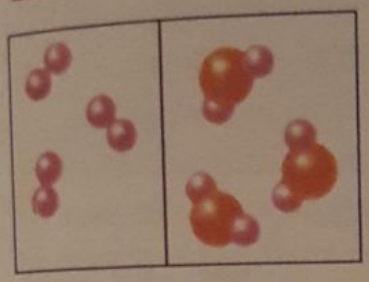
BERZELIUS: PESO ATÓMICO Y SÍMBOLOS QUÍMICOS, 1810



Berzelius determinó la composición gravimétrica de un gran número de minerales, y las variaciones de peso en reacciones químicas sencillas. A base de estos pesos se pudo determinar, posteriormente, los pesos atómicos de diferentes elementos simples. También introdujo el sistema gráfico actualmente empleado para representar compuestos y reacciones químicas. Un átomo de un elemento simple se representa por la letra primera de su nombre en latín. En la figura: H= hidrógeno, O = oxígeno, Cu = cobre.

ró que **los átomos estaban cargados positiva o negativamente** y que se mantenían unidos en la molécula por fuerzas electroestáticas. Esta teoría, llamada **dualística**, fue defendida especialmente por el químico sueco **Berzelius**. Sin embargo, con la teoría dualística no era posible explicar ciertos fenómenos por lo que hacia 1850 se vio sustituida por la teoría de las **valencias**. Se había observado que **cada átomo parecía tener cierta capacidad de combinarse con otros, valencia**. Por ejemplo, un átomo de hidrógeno, que se combina sólo con otro átomo, posee la valencia 1; el oro se combina con tres átomos monovalentes, por lo que su valencia es 3, etc. Las valencias fueron representadas por medio

LEY DE AVOGRADO: PESO MOLECULAR, 1811



Dos volúmenes iguales de gases diferentes contienen el mismo número de moléculas (si la temperatura y la presión son iguales en ambos). Este descubrimiento pemitió diferenciar los pesos atómicos de los moleculares.

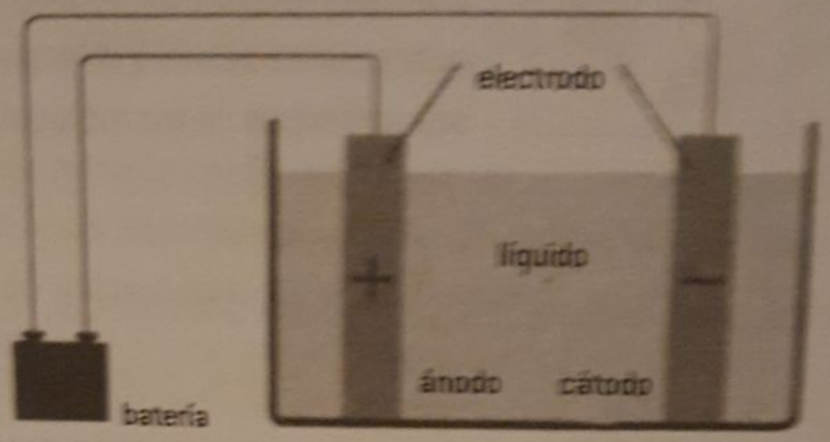
de guiones que unían los símbolos atómicos. Estas fórmulas desarrolladas, o estructurales, permitían aclarar cómo dos sustancias con igual composición podían poseer propiedades diferentes, si sus átomos estaban unidos de distinta manera en ambas moléculas. Dos moléculas de este tipo se llaman **isómeras**. En el año 1896, los investigadores descubrieron que los átomos del uranio emitían radiaciones hasta entonces desconocidas, fenómeno al que Marie Curie llamó radiactividad. Pronto se comprobó que consistía en la emisión de partículas y de rayo X. Por lo tanto, el átomo, que según Demócrito y Dalton no poseía ninguna estructura y era indivisible, tenía una estructura interior.

WHÖLER

En el año 1828 el alemán Whöler obtuvo una sustancia orgánica, urea, cristalizada en forma de agujas. Esta fue la primera vez que el hombre logró sintetizar una sustancia perteneciente al reino animal, salvando el límite entre la química mineral y la orgánica.

FARADAY, 1830

Faraday investigó cómo los líquidos se veían influidos por una corriente eléctrica. Él implantó los vocablos electrólisis, electrodo, ánodo, cátodo e ión.

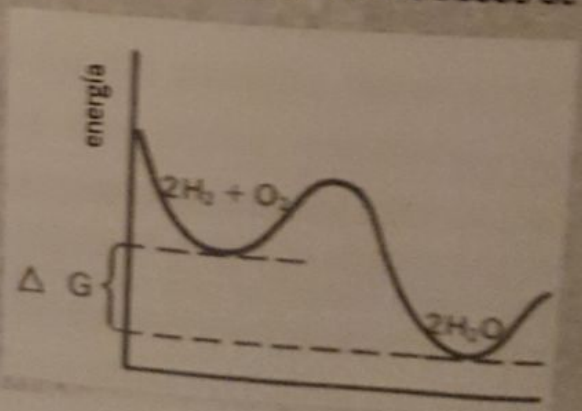


EL SISTEMA PERIÓDICO, 1869-1870

A principios del s. XIX se descubrieron numerosos elementos y se determinaron sus pesos atómicos. El ruso Mendeleiev y el alemán Meyer descubrieron que si los elementos se ordenaban según los pesos atómicos se observaba una variación periódica de sus propiedades. De esta manera se logró predecir las propiedades de elementos todavía por descubrir.

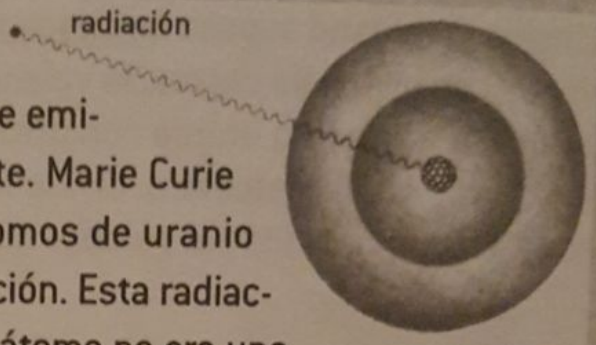
TERMODINÁMICA, 1876

Gibbs calculó matemáticamente la energía que interviene en un gran número de reacciones químicas, sentando las bases de la termodinámica química. La energía que posee el agua (H2O) es inferior a la de los elementos que la componen. La diferencia ΔG,representa la energía liberada en su formación.



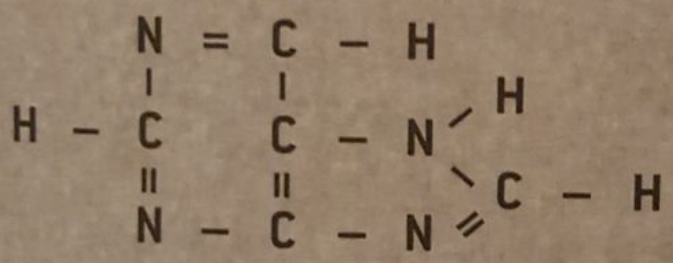
RADIACTIVIDAD, 1896

En 1896 se descubrió un compuesto de uranio que emitía una radiación penetrante. Marie Curie comprobó que eran los átomos de uranio los que emitían dicha radiación. Esta radiactividad hizo suponer que el átomo no era una partícula indivisible.



REPRESENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA

La molécula de purina y la fórmula de una proteína obtenida sintéticamente en el año 1907 indican que ya a principios del siglo XX se había realizado un gran progreso en la representación de la estructura de la materia.



$H_2N.CH(C_4H_9).CO(NH.CH_2CO)_3.NH.CH(C_4H_9).CO(NH.CH_2.CO)_3.NH.CH(C_4H_9).CO(NH.CH_2.CO)_3.NH.CH_2.CO_2H.$

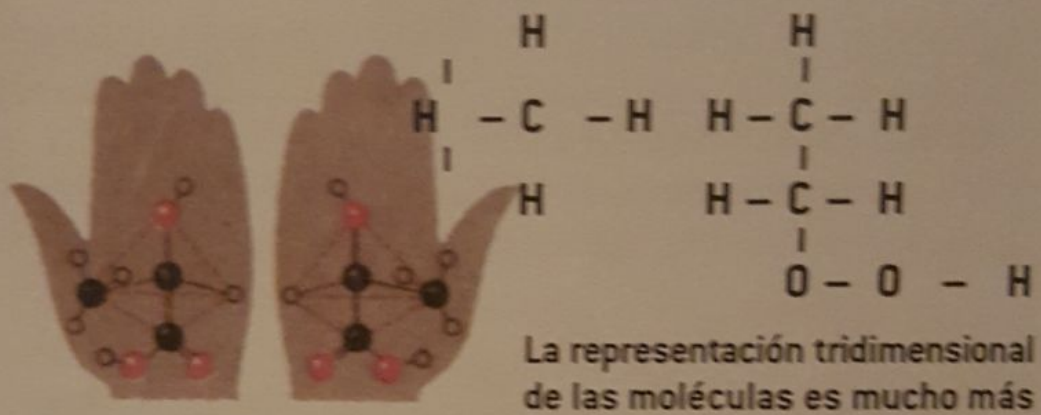
ESPECIALIZACIÓN DE LA QUÍMICA

A fines del s. XIX se produjo una especialización cada vez más manifiesta dentro de la química. La rama que se ocupaba de los minerales empezó a llamarse química **inorgánica**; apareció incluso un nuevo sector, la química **física**. La parte que estudiaba el sector orgánico se subdividió en dos grupos principales; química **orgánica** y **bioquímica**.

LA TEORÍA DE LA VALENCIA, 1862

El inglés Frankland supuso que cada tipo de átomo poseía una determinada capacidad de enlace, la valencia. Un átomo de hidrógeno, por ejemplo, sólo podían unirse con otro; el átomo de carbono se podía enlazar con cuatro, etcétera. En las fórmulas desarrolladas los enlaces son representados por guiones o por puntos.

MODELOS TRIDIMENSIONALES



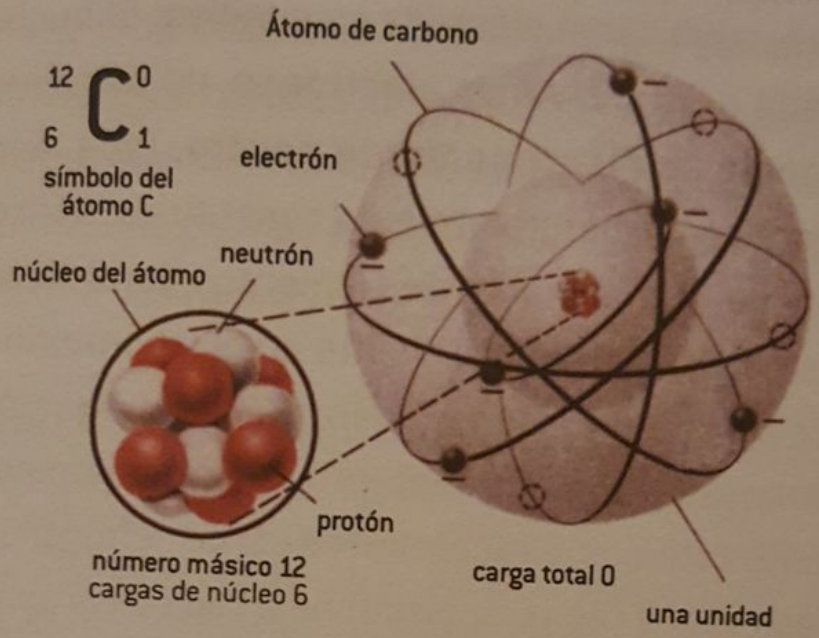
La representación tridimensional de las moléculas es mucho más precisa que la fórmula estructural. Los modelos tridimensionales representados tienen la misma constitución pero sus átomos están dispuestos en forma simétrica. Estas moléculas son diferentes.

Química inorgánica

De toda la materia existente en la corteza terrestre, en la atmósfera, hidrósfera y biosfera (materia viviente), la química inorgánica estudia principalmente la de las tres primeras partes.

Se ha descubierto que **los átomos no son indivisibles**, sino que están constituidos por diferentes partículas elementales. Dichas partículas pueden existir en estado libre, pero el átomo es la unidad que mantiene la identi-

MODELO DE ÁTOMO



El núcleo del átomo se halla cargado positivamente. En él está concentrada casi toda la masa del átomo. Dicho núcleo se compone de protones (positivos) y neutrones (sin carga). La carga del núcleo es igual al número de protones (el átomo de carbono representado, tiene 6). La cifra que representa la masa es igual a la suma de los protones y neutrones (en este caso 12). El núcleo está rodeado de tantos electrones (negativos) como protones hay en él. El átomo puede captar o ceder electrones, en cuyo caso recibe una carga total igual al número de electrones que ha aumentado o disminuido.

Las cifras alrededor del símbolo del átomo indican la carga del núcleo, el número másico, la carga total y el número de átomos.

dad de los elementos. No obstante, a fin de investigar las relaciones entre las propiedades y constitución de la materia, el químico tiene que estudiar la constitución interna del átomo.

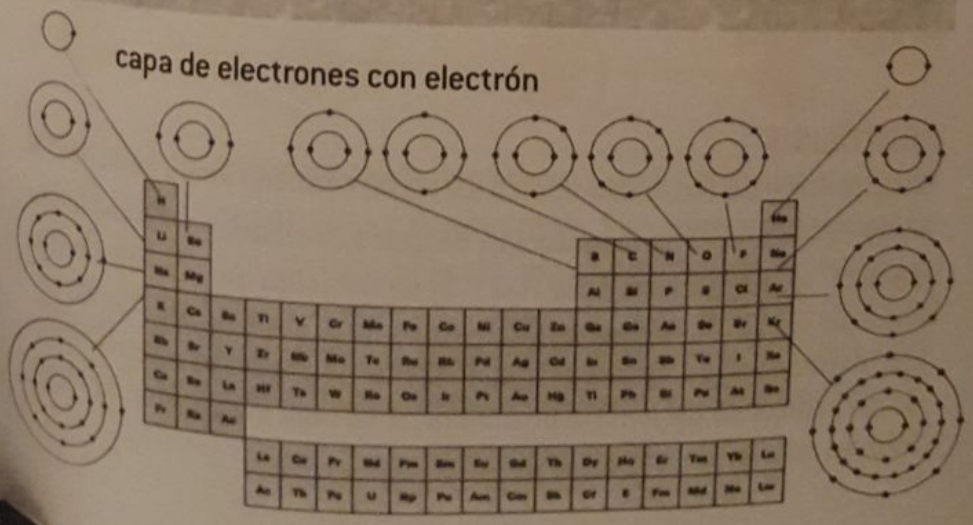
La mayor parte de la **masa del átomo** se encuentra en el **núcleo**, cuya carga eléctrica es positiva. El núcleo **está rodeado** de uno o varios **electrones**, de carga negativa. **Un átomo es eléctricamente neutro**. Toda la materia existente en la naturaleza esta constituida, aproximadamente, por un centenar de elementos; también existen otros obtenidos artificialmente en el laboratorio. En las reacciones químicas usuales, participan tan sólo los electrones de las capas periféricas de los átomos.

Todos los átomos, a excepción de los de hidrógeno y helio, poseen varias capas de electrones. Cada capa puede contener, como máximo, un número determinado de electrones. Los situados en la capa más exterior son los que en mayor grado determinan las propiedades químicas del átomo. Los átomos tienden a tener completa de electrones su capa exterior. Aquellos elementos que poseen en la capa exterior un pequeño número de electrones tienden a desprenderse de los mismos y originan **iones cargados** positivamente. Los elementos cuya capa exterior está casi completa tienden a captar electrones, con lo que se originan **iones negativos**. Los iones negativos y positivos pueden mantenerse unidos por medio de la unión iónica. Per también hay átomos a cuyas capas externas les falta, para completarse, aproximadamente la mitad de electrones. En este caso los átomos comparten sus electrones, los cuales contribuyen a completar la capa exterior de

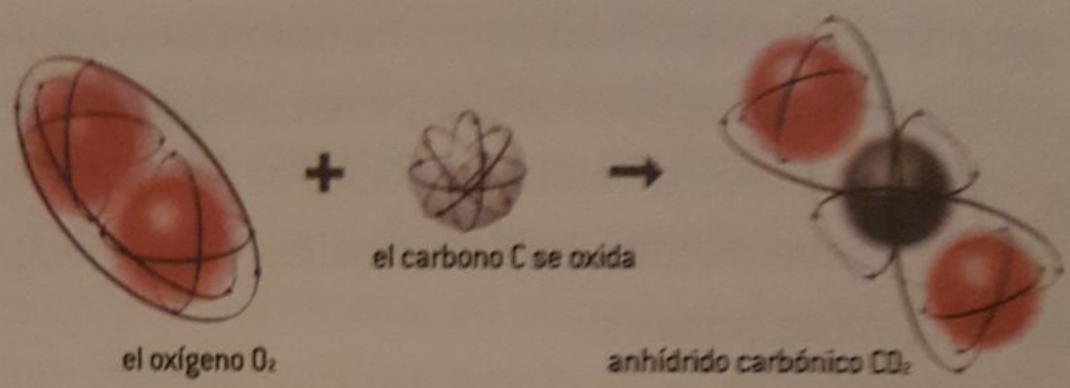
electrones de ambos átomos; éstos quedan unidos formando una molécula, mediante una unión convalente. Los átomos de los metales se mantienen unidos por un tipo similar de unión, la unión metálica. Por último, los iones y moléculas pueden formar unidades mucho mayores, en forma de cristales.

SISTEMA PERIÓDICO

Los electrones de un átomo sólo se encuentran en unos niveles determinados, formando capas de electrones. La capa interior contiene solamente dos electrones. Por tanto, el litio (Li), que posee tres electrones, lleva el tercer electrón en una segunda capa. Dicha capa puede admitir hasta 8 electrones y queda completa en el gas noble neón (Ne). Los electrones de la capa más exterior son los que determinan en mayor medida las propiedades químicas del átomo en cuestión. Los elementos que poseen en la capa más exterior idéntico número de electrones tienen propiedades similares, por lo que en el sistema periódico se encuentran en la misma línea vertical. En cada fila horizontal (período) varían de forma regular las propiedades de los elementos.



OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN



El proceso por el que pasan los electrones de un átomo a otro se llama proceso de oxidación-reducción. En la figura se combinan el oxígeno y el carbono, formando anhídrico carbónico. Los electrones del átomo de carbono son desplazados a los átomos de oxígeno, con lo cual el oxígeno se reduce. Los electrones son cedidos parcialmente por el átomo de carbono, el cual se oxida. En otros casos pueden ocurrir un paso completo de los electrones de un átomo a otro.

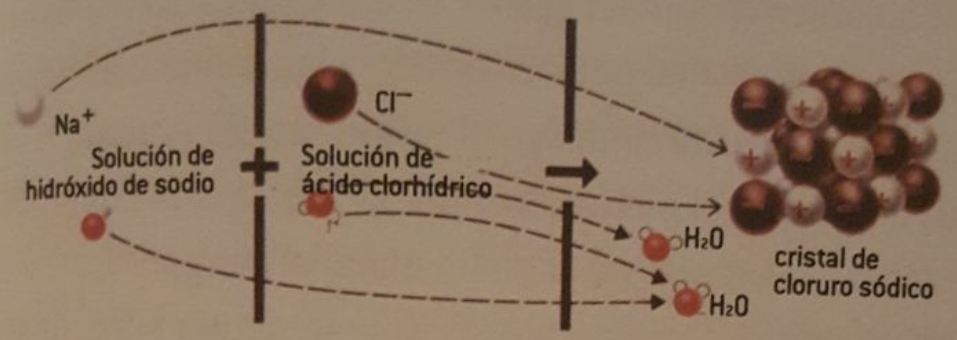
ENLACE COVALENTE

A veces, dos átomos comparten uno o varios pares de electrones, en cuyo caso ambos átomos se enlazan, formando una molécula. En la figura puede observarse que ciertos electrones rodean dos átomos, en lugar de uno.

PROTÓLISIS

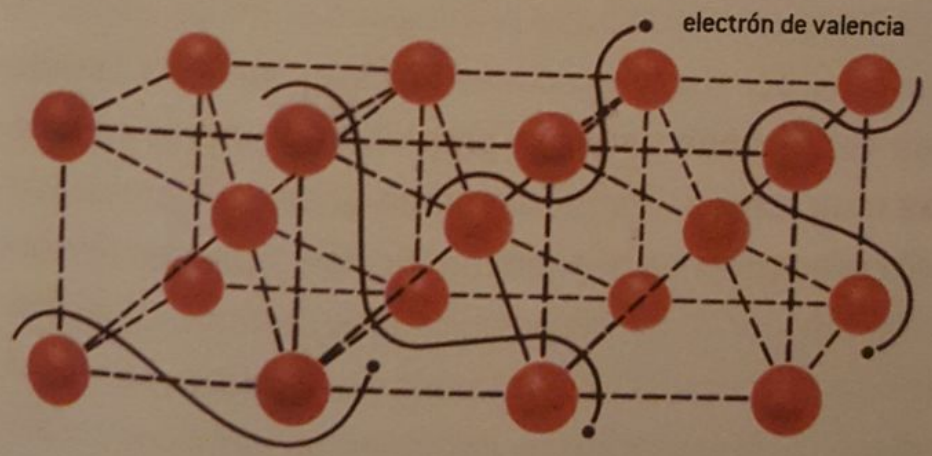
Una solución de hidróxido sódico en agua, contiene iones sodio Na^+ e iones hidroxilo OH^-; una solución de ácido clorhídrico contiene iones cloro Cl^- e iones hidroxonio H_3O^+. Si se mezclan ambas soluciones, pasa un protón H^+ desde el ión hidroxonio al ión hidroxilo, dando como resultado agua. Una reacción en la que se produzca el intercambio de un protón se denomina protólisis. Si se deja evaporar al agua, se forman cristale de cloruro sódico.

ENLACE IÓNICO



El enlace iónico se origina entre átomos cargados eléctricamente, los iones. Éstos, de signos contrarios, forman un cristal en el que cada ión se mantiene en su lugar por la acción de fuerzas electroestáticas.

ENLACE METÁLICO



También en un cristal metálico, los átomos están ordenados regularmente según una estructura determinada. Los átomos del metal están unidos entre sí por unos enlaces originados por los electrones de la capa exterior. Estos se mueven libremente entre todos los átomos y forman una nube electrónica común para todo el cristal, lo que hace que los metales sean buenos conductores de la corriente eléctrica.

Química orgánica

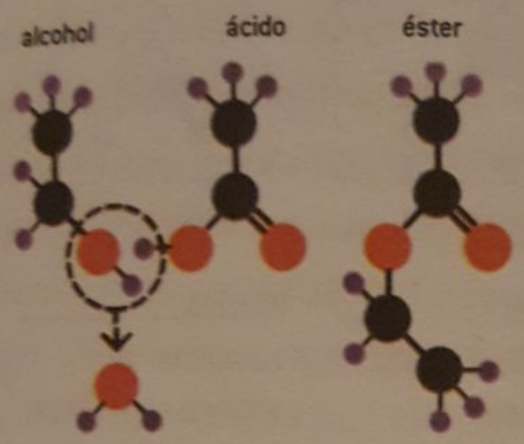
Con anterioridad al siglo XIX se creía que sólo mediante una fuerza vital podían formarse las sustancias de los seres vivos. Esta opinión, el **vitalismo**, fue rebatido en 1828, cuando el alemán Whöler sintetizó una sustancia orgánica, la urea, a partir de un material inorgánico.

Actualmente la química orgánica se ocupa sólo de los **compuestos de carbono** mientras, la química inorgánica, estudia los demás elementos. A pesar de ello, la química orgánica abarca la mayor parte de los compuestos químicos. Hoy se conocen aproximadamente 1,5 millones de compuestos diferentes del carbono.

El carbono ocupa un lugar privilegiado entre los elementos químicos, por sus propiedades físicas y químicas. **Los átomos del carbono tienen la propiedad de unirse en cadenas muy largas**, por medio de uniones covalentes. Además, tales cadenas pueden ramificarse o cerrarse formando anillos, por lo que las posibilidades de variación aumentan notoriamente. Las **sustancias orgánicas** más sencillas son los **hidrocarburos**, compuestos formados por átomos de carbono y de hidrógeno. A este grupo **pertenecen** muchas de las sustancias que se encuentran en el gas natural y en el petróleo como **metano, propano y benceno.**

En un hidrocarburo, alguno de los átomos de hidrógeno que rodean a la cadena de carbonos puede sustituirse por un átomo o grupo de átomos de otro tipo.

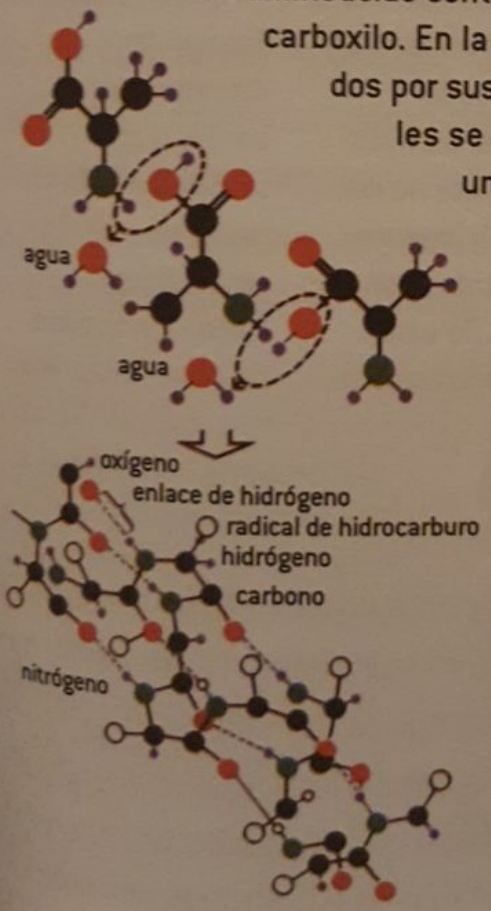
ESTERES



El grupo hidroxilo de un alcohol puede reaccionar con el grupo carboxilo de un ácido. Las átomos rodeados por el anillo formarán entonces agua, uniéndose los radicales de alcohol y de ácido, para formar un éster. La grasa corriente es un éster.

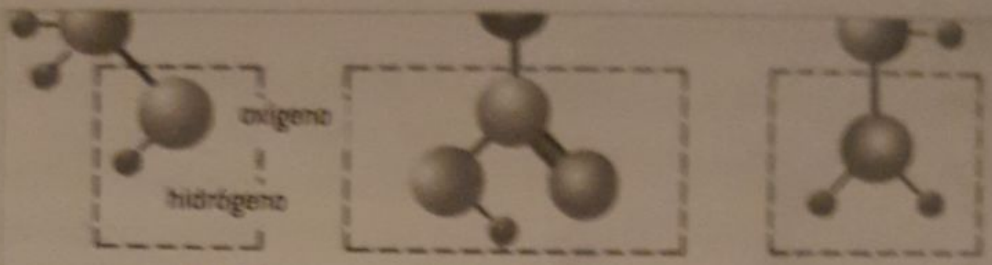
ENLACE PÉPTIDO

Un aminoácido contiene un grupo amino y un grupo carboxilo. En la figura reacciona tres aminoácidos por sus grupos funcionales. Sus radicales se enlazan formando una cadena, un péptido. Hay formación de agua.



MOLÉCULA DE LAS PROTEÍNAS

Se compone de numerosos radicales de aminoácidos enlazados (péptidos). Tiene forma de espiral estabilizada por medio de "enlaces de hidrógeno", fuerzas débiles entre un átomo de hidrógeno y otro de oxígeno o de nitrógeno.



grupo hidroxilo – OH | grupo hidroxilo – OH | grupo amino – NH_2

ALCOHOL

Si en un hidrocarburo se sustituyen átomos de hidrógeno por un número igual de grupo hidróxilos –OH, se obtiene un alcohol. Sea corta o larga la cadena del hidrocarburo, es el –OH el que impone las propiedades del alcohol.

ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

Los ácidos carboxílicos se caracterizan por el grupo carboxilo –COOH. Los ácidos son sustancias que pueden ceder protones, pero los carboxílicos no los ceden fácilmente. Estos ácidos son débiles. De estos es el ácido acético.

AMINA

La amina se obtiene al sustituir en un hidrocarburo un átomo de hidrógeno por un grupo –NH_2. Este grupo, denominado amino, y el carboxilo están en todos los aminoácidos. Tiene la propiedad de atraer protones.

Bioquímica

La **bioquímica estudia** la estructura y funciones de **la materia viva**. Este objetivo coincide en gran parte con el del químico orgánico en la época del vitalismo. Los químicos actuales no aceptan la existencia de un tipo especial de fuerza vital, sino que opinan que todos los procesos vitales se deben a fenómenos físicos y químicos normales.

Tres son los **elementos fundamentales** que constituyen la materia viviente en la Tierra: **carbono, oxígeno e hidrógeno**. Otros elementos, como nitrógeno, fósforo y azufre, se hallan en menor proporción. Los elementos más importantes van recorriendo continuamente en la naturaleza unos ciclos cerrados, con absorción y liberación de energía, lo cual es necesario para la perduración de la vida. Al conocimiento de tales ciclos ha contribuido de manera decisiva el estudio del **metabolismo** en los organismos.

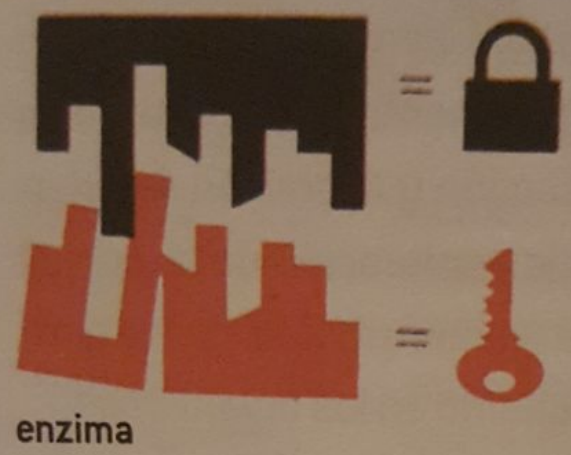
La **célula** es la unidad fundamental de los seres vivos. En ella se han logrado diferenciar estructuras muy especiales, los llamados **orgánulos**, cuya constitución puede estudiarse en un microscopio electrónico y, en tubos de ensayo, es posible comprobar la función que desempeñan.

Quizá los componentes más importantes de la célula son las **proteínas**. No solamente constituyen la base de

PROTEÍNAS

Las proteínas forman parte de las sustancias más importantes que constituyen la base de los seres vivos. La molécula de proteína, en forma de espiral está entrelazada formando un cuerpo muy complejo.

ENZIMAS

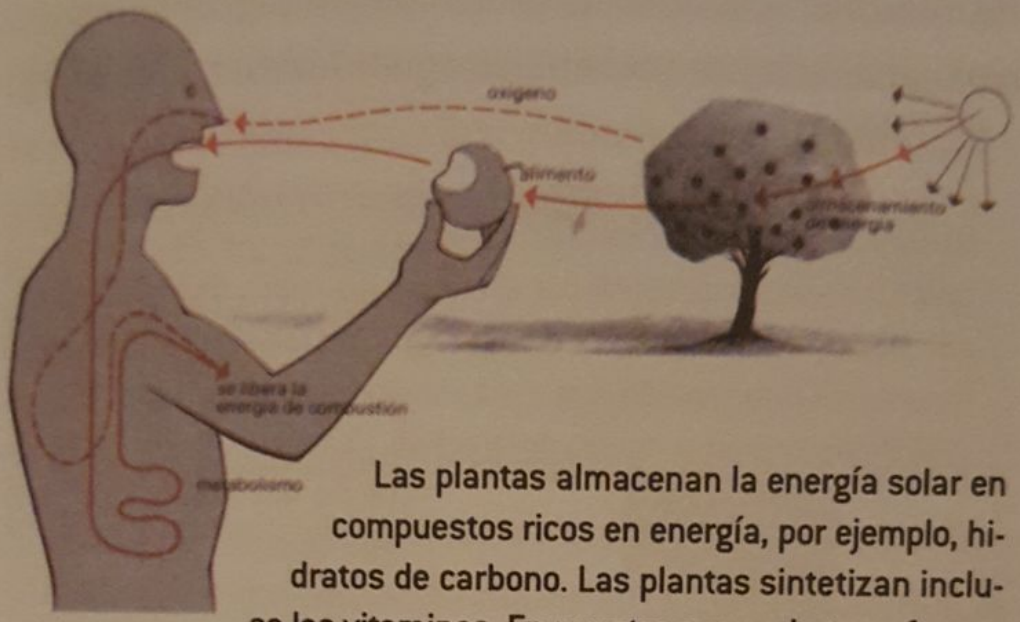


En el organismo la velocidad de las reacciones químicas está controlada por enzimas. Cada una de ellas posee una acción específica, es decir, sólo actúa sobre una determinada sustancia química, a la que se adapta como la llave a la cerradura.

la célula, sino que además, formando las **enzimas**, regulan las reacciones químicas en la célula viva. Las proteínas, están constituidas por unos 20 aminoácidos pueden formar un macromolécula, se comprende con facilidad que las posibilidades de combinación sean tantas que cada individuo pueda poseer sus propias proteínas. Se ha comprobado que un sólo radical de aminoácido colocado incorrectamete en una molécula de proteína ha dado lugar a estados patológicos.

Otras sustancias orgánicas complejas son las **hormonas** y las **vitaminas**. La interacciones entre los diferentes órganos es realizada por el sistema nervioso, pero también por la acción química de las hormonas en las células. Para que muchas de las enzimas puedan operar, son necesarias las vitaminas.

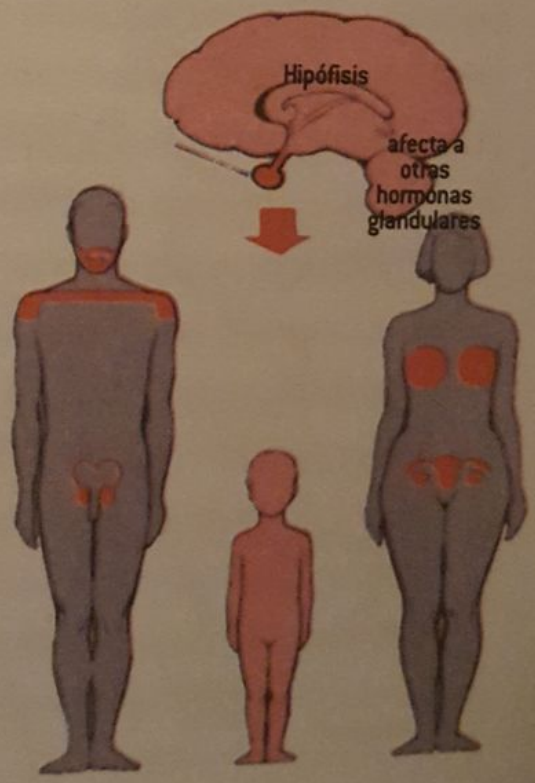
METABOLISMO



Las plantas almacenan la energía solar en compuestos ricos en energía, por ejemplo, hidratos de carbono. Las plantas sintetizan incluso las vitaminas. En nuestro cuerpo la transformación de los alimentos y las diferentes funciones son controladas por las enzimas. Parte de los alimentos se convierte en combustible, cuya combustión en las células cede energía.

HORMONAS

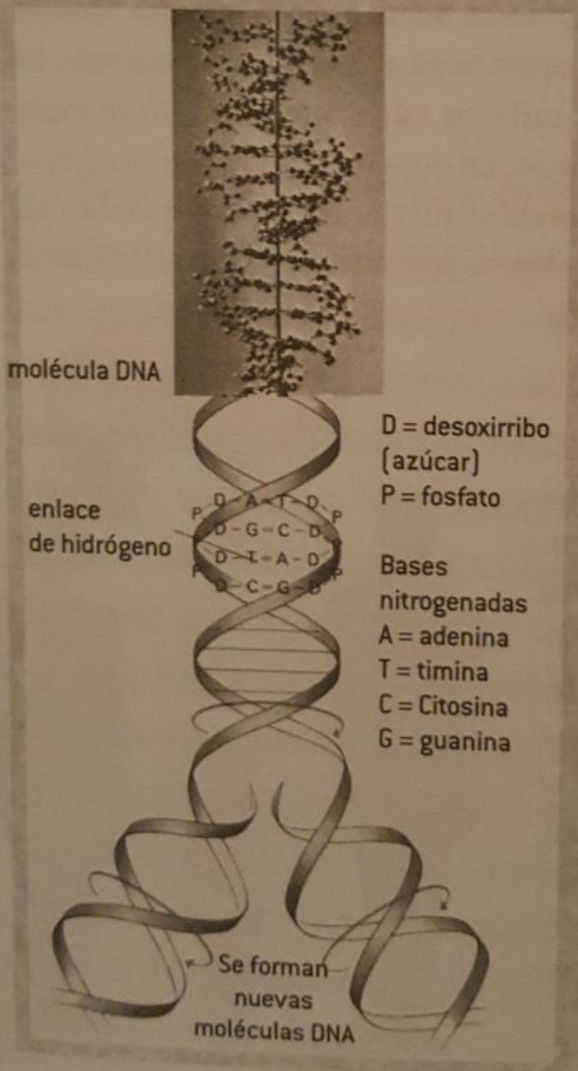
Las hormonas controlan los procesos biológicos importantes. Son producidas en las glándulas de secreción interna. Las hormonas que se producen en la hipófisis del cerebro poseen una función superior y controlan el trabajo de las otras glándulas, por ejemplo, la producción de hormonas de las glándulas genitales y la producción de leche en las glándulas mamarias.



La célula tiene también la propiedad de reproducirse y de informar acerca de su propio desarrollo. El fenómeno biológico de la **herencia** está registrado como un **código**

QUÍMICA DE LA HERENCIA

Una célula puede producir por sí misma las moléculas que necesita para su desarrollo, función y reproducción. Para ello se requiere una información que está almacenada en las moléculas DNA existentes en el núcleo de la célula. Una molécula DNA consta de dos cadenas DNA que se enroscan formando una espiral doble. Esta se mantiene unida por dos pares de bases (timina-adenina y citosina-guanina). Ambos pares se mantienen enlazados por átomos de hidrógeno. La molécula DNA controla la producción de proteínas en la célula. Cuando ésta se divide, también lo hace la molécula, formando dos espirales sencillas, cada una de las cuales sirve de modelo para la formación de una nueva espiral.



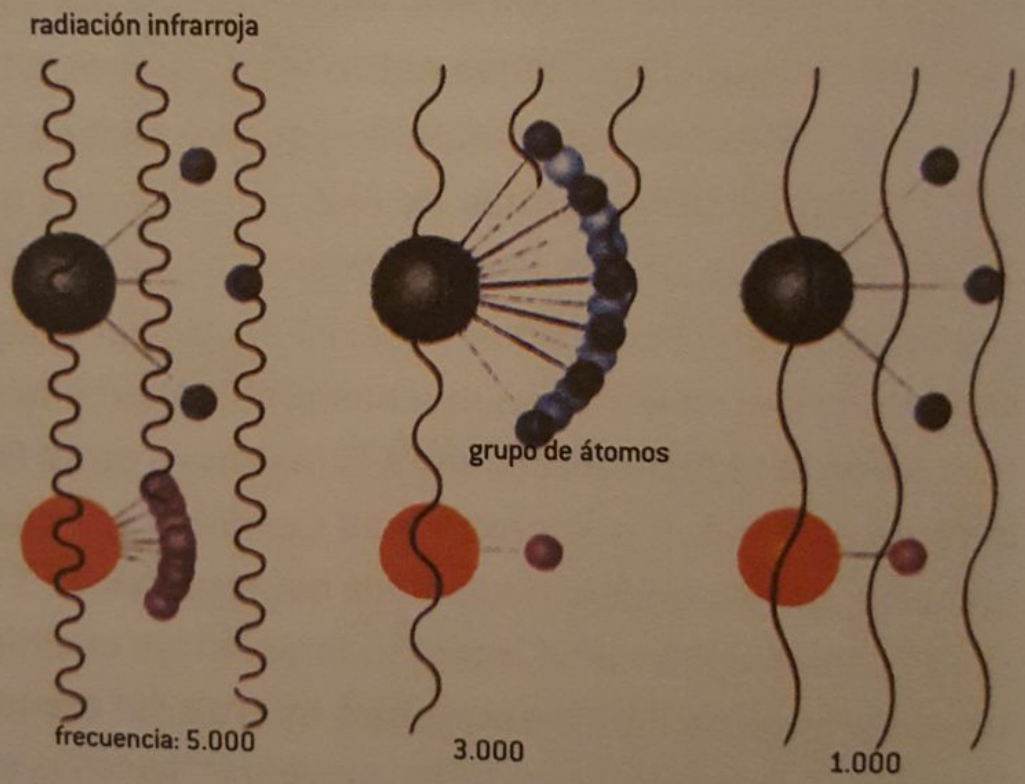
químico en el interior de unas moléculas extraordinariamente complejas –situadas en el núcleo de células– llamadas **moléculas DNA** (ácido desoxirribonucleico). Una de las aportaciones más fascinantes de la bioquímica ha sido el haber descifrado por completo este código.

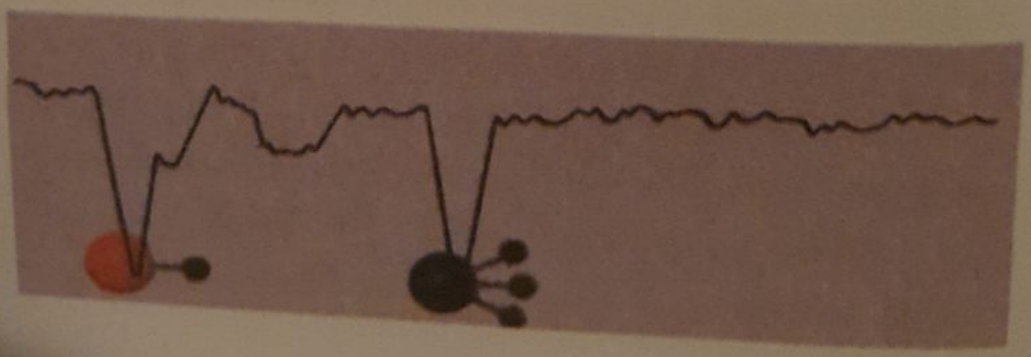
Química física

Por motivos prácticos se consideró conveniente separar la química de la física, que se ocupa del estudio general de los fenómenos naturales. La química trata de la constitución de la materia y sus variaciones; la física describe otras formas de energía y fuerzas que actúan en la naturaleza. Pero es imposible trazar una línea divisoria entre estas dos ciencias. Dentro del **campo de la química**, se plantean muchos **problemas** relacionados **con la acción-efecto entre la materia y otras formas de energía**. Estos **problemas comunes a ambas ciencias** corresponden a la llamada **química física**.
Dentro de este sector se integran también las cuestiones relacionadas con la **estructura interna del átomo**. La química física trata y estudia problemas, basados en teorías y métodos físicos, dentro de la química inorgánica, orgánica y bioquímica. Dentro de la **fotoquímica** y **espectrometría** se investiga la interacción entre la materia y la energía de la radiación. Esta energía puede influir de muchas maneras en la materia. La energía de

ESPECTROMETRÍA

En la espectrometría infrarroja se hace una radiación de onda larga –rayo infrarrojo– a través de una muestra cuya composición es desconocida. Ciertos grupos de átomos absorben la radiación y registran vibraciones. En la parte izquierda se advierte que la radiación posee una frecuencia adecuada para ser absorbida por el grupo inferior de átomos. En la parte central la frecuencia es tal que el grupo superior de átomos absorbe la radiación. Ciertas frecuencias no afectan a ninguno de los dos grupos de átomos. Las bandas del espectro indican las frecuencias absorbidas y, por lo tanto, los grupos atómicos que contienen la muestra.



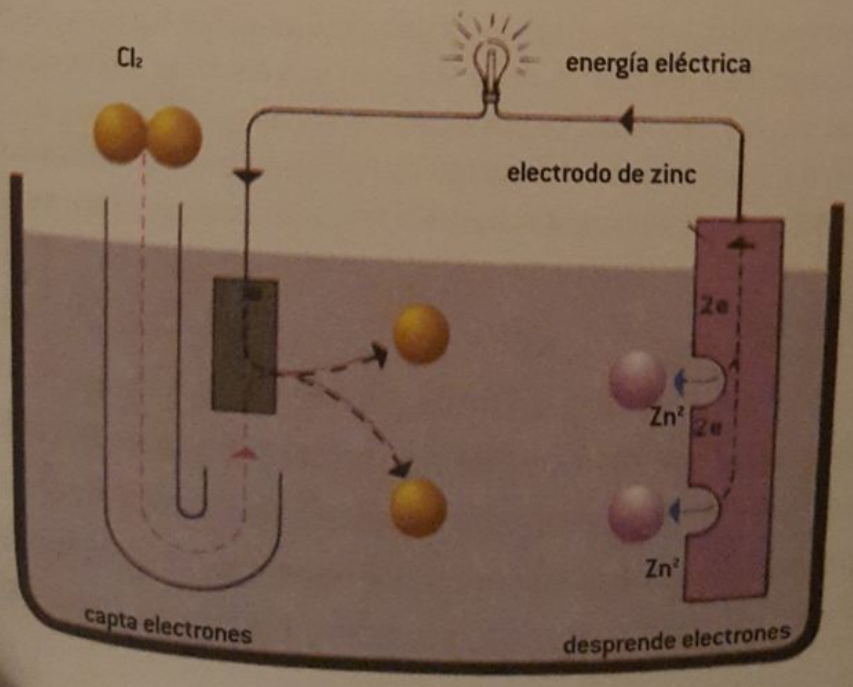


radiación de la luz solar es almacenada en las plantas. La luz impresiona la película en una cámara fotográfica. El color de una sustancia depende de su capacidad de absorber radiaciones. La luz infrarroja puede ser absorbida por determinados grupos de átomos.

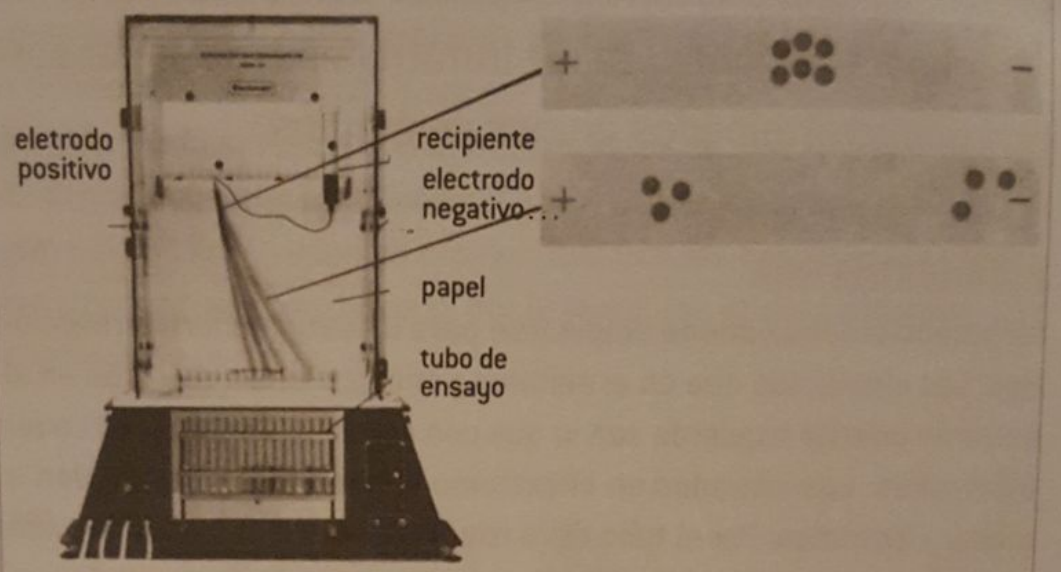
POTENCIOMETRÍA

La potenciometría puede emplearse para investigar ciertas reacciones. Los elementos que en el sistema periódico están situados en el extremo inferior izquierda son lo que con más facilidad pueden ceder electrones. Los situados en el extremo superior derecha tienden a captar electrones. Por el tubo de la izquierda se añade a la disolución un elemento de este último tipo Cl_2.

Los átomos del electrodo de zinc liberan electrones y pasan a la solución en forma de iones, Zn_2^+. El cloro capta electrones y se ioniza, Cl^-. La cantidad de energía eléctrica recogida (bombilla) es la medida de la energía que se libera en la reacción.



ELECTROFORESIS



Las partículas cargadas se pueden separar por medio de electroforesis. La solución de ensayo contenida en el recipiente del aparato se derrama lentamente en un papel fijado a un bastidor. La solución salida humedece el papel y lo hace conductor de la electricidad. Las fuerza eléctricas actúan sobre la solución de ensayo. Las partículas de la solución son llevadas a una de las dos partes del papel, según estén cargadas positiva o negativamente. En los tubos de ensayo se recogen siempre las mismas partículas en el mismo tubo. Este método se emplea para separar entre sí las partículas, a fin de obtener, por ejemplo, una proteína pura.

Esta particularidad puede ser aprovechada en un método analítico, la **espectrofotometría infrarroja.**

La **electroquímica** trata de la interacción entre la materia y la energía eléctrica o fuerzas eléctricas (**potencio-**

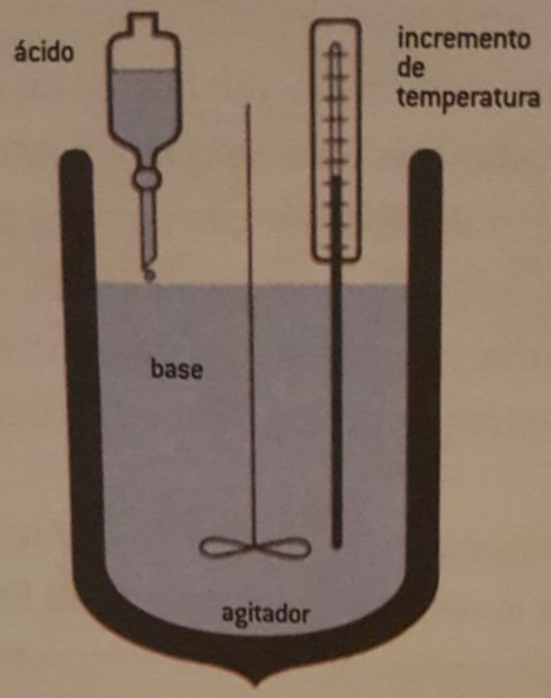
metría). La conductibilidad eléctrica de soluciones, el consumo de energía en procesos electrolíticos, etc., pueden proporcionar valiosa información acerca de la capacidad de diversas sustancias para reaccionar entre ellas. La **termoquímica** estudia el desarrollo de calor en las reacciones químicas. La termodinámica química, al igual que la espectrometría, ha permitido la determinación de las fuerzas de unión entre los átomos de una molécula.

En la química física se investigan los efectos de las fuerzas exteriores sobre los iones, átomos y moléculas. En la **electroforesis** se aprovechan las fuerzas eléctricas (una forma de separar entre sí los iones y otras partículas cargadas). La fuerza centrífuga se emplea en las **ultracentrifugadoras**, donde las proteínas y otras moléculas de gran tamaño pueden sedimentarse a una velocidad observable.

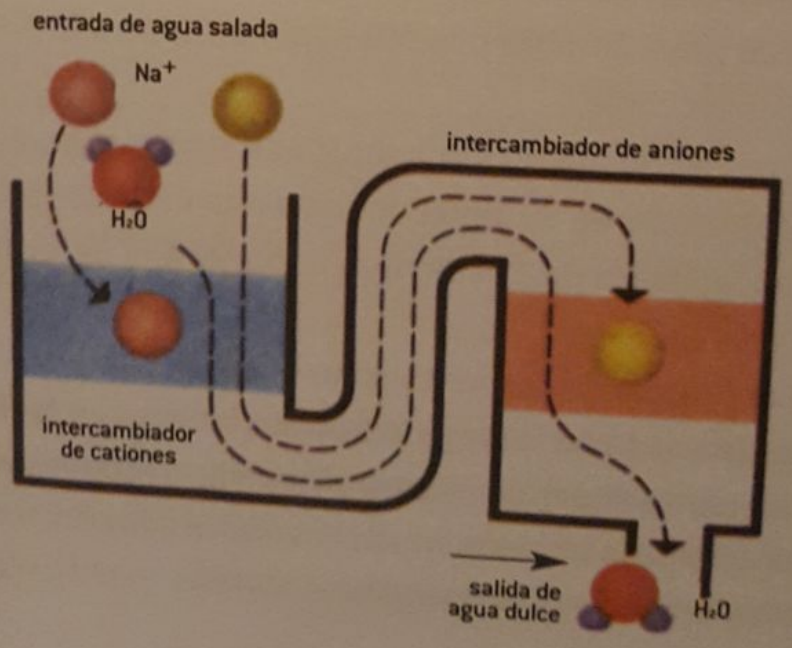
Las fuerzas de absorción química se aprovechan en los intercambiadores de iones. Todos estos métodos han sido aplicados en procesos muy importantes de disociación y análisis.

Para el estudio de la constitución interna del átomo, la físicoquímica se ha integrado completamente en la física propiamente dicha. Lo mismo sucede en lo que respecta al estudio de la unión química, mediante cálculos mecánico-cuánticos de las energías orbitales.

TERMOQUÍMICA



En termoquímica se mide el desprendimiento de energía en una reacción química. Esta se realiza en un recipiente aislado térmicamente, y se mide el incremento de temperatura. De esta manera se puede medir, por ejemplo, el desprendimiento de calor cuando un ácido reacciona con un base o bien en una combustión.



INTERCAMBIADOR DE IONES

Los intercambiadores de iones contienen iones unidos débilmente, que pueden cambiarse con facilidad por otros. Con el intercambiador de iones es posible, por ejemplo, convertir en agua dulce la salada. Como en el agua salada hay iones de sodio e iones de cloro (Na^{-} Cl^{-}), se la hace pasar a través de dos intercambiadores. En el de cationes quedan fijados los iones de sodio y en el de aniones, los de cloro. Por ello, el agua que pasa por ambos intercambiadores es dulce. Este método se emplea, entre otras aplicaciones, para análisis.

LA TEORÍA CUÁNTICA

átomo de carbono con estructura tetraédrica

No se puede precisar exactamente la posición de los electrones en un átomo. Sin embargo, es posible determinar las zonas en las que es más probable que se encuentren. Concretamente, las zonas en las que con mayor probabilidad pueden localizarse los cuatro electrones exteriores de un átomo de carbono son las señaladas en azul. La posición de estos electrones llamados orbitales se determina por medio de cálculos mecánico-cuánticos.

El químico en el trabajo

El rápido desarrollo técnico actual pudiera inducir a alguien a creer que dentro de poco apenas quedará algo por descubrir. Pero para el químico la investigación fundamental, y muy especialmente el análisis de las

QUÉ HACE EL QUÍMICO

Como todos los hombres de ciencia, el químico debe observar de forma objetiva la naturaleza, corrigiendo sus propias hipótesis según se va desarrollando la técnica experimental. El químico analiza los compuestos químicos de diferentes tipos, "rompe" las moléculas, átomo por átomo con diferentes métodos técnico-analíticos. Las observaciones y los análisis ayudan al químico a desarrollar –sintetizar– nuevas sustancias, a partir de compuestos sencillos.

sustancias que controlan los procesos vitales, constituye todavía un vasto campo de estudio.

Algunos productos químico-técnicos de gran utilidad práctica se han descubierto por "accidente". La técnica de los transistores se inició a consecuencia de un cristal que por descuido estaba sucio. Pero es en la investigación orientada ordenadamente, en combinación con una investigación fundamental, la que logra obtener los materiales empleados en la vida práctica. Frecuentemente se llama a nuestro tiempo la era del plástico. El plástico es el nombre genérico que se da a un gran número de productos compuestos por macromoléculas formadas por los químicos, a partir de sustancias simples. Los plásticos son sustancias artificiales que no existen en la naturaleza. El vidrio de la ventana, el nylon de la camisa, la pintura de las paredes... son productos sintéticos obtenidos en laboratorios químicos.

EL QUÍMICO EN EL LABORATORIO

Actualmente no sólo las universidades y los centros de investigación disponen de laboratorios bien equipados –si bien es en estas instituciones donde se realizan las investigaciones fundamentales–, también el sector industrial ha invertido cuantiosas sumas en la investigación orientada, control de fabricación, etc. pero el químico desarrolla su actividad tanto en su despacho como en el laboratorio.

La civilización moderna exige de la técnica nuevos materiales con condiciones cada vez más ventajosas. En un cohete espacial, el módulo tripulado tienen que soportar temperaturas muy superiores a las que puede resistir un metal o una aleación normal. Los químicos han podido vencer esta dificultad sintetizando siliconas, cuya resistencia térmica es de 5.000 Centígrados. Durante el s. XX se ha elaborado una serie de medicamentos con los que prácticamente se han hecho desaparecer ciertas enfermedades. La sintetización de determinadas sustancias ha abaratado considerablemente muchos medicamentos. Se han elaborado penicilinas semisintéticas que poseen un efecto biológico superior incluso al de los productos naturales.

La población mundial aumenta a un ritmo vertiginoso, por lo que el problema del hambre se agudiza cada vez más. Se trata de un problema cuya solución depende en gran parte del químico. Se ha logrado elaborar abonos

artificiales y productos para combatir a los insectos a fin de obtener mayor rendimiento en los campos cultivados; actualmente se está llevando a cabo una activa investigación para aprovechar como alimento las algas marinas.

Sin embargo, el hombre está contaminando la naturaleza. Los gases de escape, los "biocidas", las aguas residuales, etcétera, aumentan esta contaminación.

Los conocimientos científicos del químico, con los de otros especialistas, son cada día más necesarios para eliminar, o al menos contrarrestar, esta amenaza.